



Naturalis

Repositorio Institucional
<http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar>

Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Ciencias Naturales y Museo



Ecología trófica y áreas de forrajeo del escúa polar del sur, *Stercorarius macormicki*, en dos localidades antárticas

Santos, María Mercedes

Doctor en Ciencias Naturales

Dirección: García, Mirta

Co-dirección: Marschoff, Enrique

Facultad de Ciencias Naturales y Museo
2014

Acceso en:

<http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/id/20150309001385>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional



Naturalis

Repositorio Institucional
FCNyM - UNLP

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MUSEO



Ecología trófica y áreas de forrajeo del escúa polar del
sur, *Stercorarius maccormicki*, en dos localidades
antárticas

LIC. MARÍA MERCEDES SANTOS



Directora: DRA. MIRTA GARCÍA

Co-Director: DR. ENRIQUE MARSCHOFF

2014

*A mi papá Dito y a Ale,
Porque todo, porque siempre*

*A María y a Juanita
Por supuesto, que también*

*Muchos de nuestros sueños parecen al principio imposibles,
luego parecen improbables y al final,
cuando ponemos toda nuestra intención,
se convierten en inevitables.*

C. Reeve

AGRADECIMIENTOS

A mi Directora Mirta Garcia: gracias totales! y a mi codirector Enrique Marschoff.

A mi jefe (por siempre mi jefe) Dr. Nestor *Coco* Coria, y a mi mentor “informal” Ale Carlini. Mirándolos a ustedes y hacia atrás, sé fehacientemente que estoy donde debía (y quiero) estar.

A mis compañeros de Varela: Mitsu Márquez, Aldo Corbalán, Mariana Juárez, Jorge Mennucci, Javier Negrete, Gabriel Blanco y Pablo Perchivale y Mara C, con quienes, junto con Coco y Ale, hemos compartido muchas risas, alegrías, tristezas, enojos, varias derrotas y algún éxito (Si se puede!).

A mis compañeros de “autoevaluación” Lili Quartino, Hernán Sala, Oscar González, Sergio Santillana, Ale Ulrich y Juan Manuel Lirio. Gracias por la paciencia y gracias Hernán por la ayuda!

A mi familia (mama Alicia, Gerardo, Caro, Bebea, Cocó y Agustín, Maria, Juana, Susana y Jorge y los Totos) por su paciencia cuando decía: ahora no puedo, la próxima voy.

A mis amigas las hermanitas Di Virgilio, Vero T y Marina Rumi, por centrarme. En particular gracias Natalita por recordarme siempre que la vida *también* pasa por otro lado.

A mi amiga Gaby Bell, por todo lo compartido (y a su mundo Gabylandia)

A mis amigas de la facultad Flor Grandi, Ceci Carballo, Caro Rumi, K. Yalungo y V. Trevisan

A la Familia Juárez, en especial a Mokinita.

A mis compañeros de campaña que conocieron a los escuitas en todo su esplendor: Emilce Rombolá, Lucas Marti, Diego Archuby, Mariana Juárez, Eugenia Moreira, Ramiro Almagro, César García Esponda, Nacho Gould y Bruno Fussaro y todo el “Mammals team”.

A D. Montalti por brindarme la primera oportunidad de trabajar en el IAA.

Al Director de la Dirección Nacional del Antártico Dr. Mariano Memolli por su comprensión y apoyo para terminar la tesis.

A mis compañeros del IAA/DNA, a todos y cada uno de ellos, y en especial al “rincón administrativo” del segundo piso. Gracias Carlitos y Euge por toda la ayuda brindada en estos últimos tiempos.

A mis colegas de la CCRVMA, en especial a mi Master Yoda Jefferson Hinke y al Dr. Esteban Barrera Oro por incentivar me continuamente a terminar.

A Andrés Barbosa y José Javier Cuervo y las chicas del *Chumbo*, en Almería, España, por hacer mi estancia muy feliz.

Al Dr. Ricardo Casaux, E Barrera Oro y Eugenia Moreira por la ayuda en la identificación de otolitos.

A la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la UNLP, y a la educación pública, por educarme (o intentarlo).

A la Universidad de Southampton por recibirme durante mi estadía de estudio.

Al Ministerio Español de Educación y Ciencia, al proyecto Internacional PIC2006-A7-0623. "Acción Complementaria de Cooperación”.

A los jurados de esta tesis: Dr. Marco Favero, Dr. Marcelo Bertelloti y Dr. José Luis Orgeira.

Almost at last, but not at least: a Patrick Doncaster, quien me enseñó durante estos últimos años.
Es maravilloso ver como la ciencia, la poesía y la bondad habitan en vos.

A mi papá, por sentar en mí las bases de lo que hoy soy.

En especial, gracias a mi hermana Rita Santos. Mamía: sabé que sin vos ahí, en mi vida y en esta tesis, yo hoy no estaría acá (Brotherhood Mamia!).

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	4
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN GENERAL	
1. El ecosistema marino antártico	8
1.1 Impacto del cambio climático en la Antártida	10
1.2 Impacto de la pesquería marina	11
1.3 Impacto del turismo	12
2. Monitoreo del ecosistema: los predadores tope	13
3. Clasificación y caracteres de la especie	14
4. Objetivos	16
CAPÍTULO II: ÁREAS DE ESTUDIO	
2.1 Caracterización general de la Antártida	19
2.2 Área de estudio	20
2.2.1 Península Potter (Isla 25 de Mayo, Shetland del Sur)	21
2.2.2 Punta Cierva (Península Antártica)	22
2.3 Alopatria y simpatria	23
CAPÍTULO III: ECOLOGÍA TRÓFICA	
3.1 Antecedentes	27
3.2 Objetivos	33
3.3 Materiales y Métodos	33
3.3.1 Metodología de muestreo	33
3.3.2 Procesamiento de las muestras	34
3.3.3 Índices utilizados	35
3.3.4 Análisis estadístico	36
3.4 Resultados	37
3.4.1 Egagrópilas	40
3.4.2 Lavado estomacal de adultos	44
3.4.3 Restos hallados en los nidos	46
3.4.4 Regurgitados pichones	47
3.4.5 Dieta del escúa pardo	50
3.4.6 Determinación de especies de peces y análisis de sus tallas	50
3.5. Discusión	56

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE DIETA

4.1 Introducción	63
4.2 Materiales y métodos	64
4.3 Resultados	65
4.4 Discusión	67

CAPÍTULO V: VIAJES DE ALIMENTACIÓN Y ÁREAS DE FORRAJE

5.1 Introducción	71
5.2 Objetivos particulares	72
5.3 Materiales y métodos	72
5.3.1 Metodología de las observaciones	72
5.3.2 Índices medidos	74
5.3.3 Estimación de las áreas de alimentación	74
5.3.4 Análisis estadísticos	75
5.4 Resultados	75
5.4.1 Esfuerzo de alimentación	75
5.4.2 Viajes de Alimentación	79
5.4.3 Frecuencia Diaria	83
5.4.4 áreas de alimentación	83
5.5 Discusión	84

CAPÍTULO VI: RELACIÓN ENTRE LA ECOLOGÍA TRÓFICA Y EL ÉXITO REPRODUCTIVO

6.1 Antecedentes	92
6.2 Objetivos particulares	93
6.3 Materiales y métodos	94
6.3.1 Cronología reproductiva	94
6.3.2 Volumen de los huevos	94
6.3.3 Éxito reproductivo	95
6.3.4 Crecimiento individual	95
6.3.5 Análisis estadístico	95
6.4 Resultados	96
6.4.1 Cronología reproductiva	96
6.4.2 Volumen de los huevos	98
6.4.3 Éxito reproductivo	99
6.4.4 Curvas de crecimiento	104
6.5 Discusión	111

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES	121
BIBLIOGRAFÍA	124
APÉNDICES	135

RESUMEN

El escúa polar del sur *Stercorarius maccormicki*, es un predador tope, con una dieta amplia y es considerado como uno de los mejores representantes de especies oportunistas y generalistas entre las aves marinas antárticas. En la época reproductiva, se distribuye en el continente antártico, extendiéndose hacia el norte de la Península Antártica, islas Shetland del Sur e islas Orcadas del Sur. En esta zona se reproduce en simpatría con el escúa pardo *S. lonnbergi*. Aquí, el escúa pardo monopoliza las colonias de pingüinos, que representan una fuente de alimento predecible mientras que el escúa polar del sur se alimenta generalmente en el mar. Por el contrario, en áreas de alopatría, el escúa polar del sur se alimenta principalmente de pingüinos y aves voladoras, así como también de peces. Si bien se han realizado numerosos análisis de la dieta del escúa polar del sur en las Islas Shetland del Sur y Península Antártica, los resultados obtenidos han diferido notoriamente según la metodología utilizada, contribuyendo a la falta de consenso sobre la existencia y naturaleza de la competencia entre ambas especies. El propósito de esta tesis fue obtener información confiable de la ecología trófica del escúa polar del sur, utilizando distintas metodologías, en poblaciones que difieren en el número de parejas de escúa pardo, su potencial competidor. Esta información provee valiosos indicadores de los recursos en Antártida, necesarios para evaluar y establecer los planes de manejo de los predadores y sus presas.

El objetivo general de este trabajo fue analizar la ecología trófica y reproductiva del escúa polar del sur y estimar las áreas de alimentación en la Isla 25 de Mayo (islas Shetland del Sur) y en la Península Antártica, donde ambas especies se reproducen en simpatría aunque con distinto número de parejas reproductivas de escúa pardo. Los muestreos se realizaron durante 5 temporadas reproductivas (2003-04 a 2007-08) en dos localidades antárticas, Península Potter (Isla 25 de Mayo) y Punta Cierva (Península Antártica). Durante este periodo, en Pla. Potter, la colonia de escúa polar del sur era de 68-70 parejas y la de escúa pardo de 30-40 parejas, mientras que en Pt. Cierva, la colonia de escúa polar del sur era de 166 parejas y sólo dos de escúa pardo. Este es el primer estudio de dieta del escúa polar del sur realizado partir del análisis comparativo de recolección de egagrópillas, regurgitados y lavados estomacales, en varias temporadas y en dos localidades que difieren en el número de parejas reproductivas de escúa pardo.

Se caracterizó la dieta para ambas localidades y se determinó que está integrada por dos grandes categorías, peces y pingüinos, que se complementan con aves voladoras (principalmente petrel de las tormentas) y kril. Entre las presas consumidas los peces que presentaron mayor frecuencia fueron *Pleuragramma antarcticum*, particularmente en Pta. Cierva y *Electrona antarctica* en Pla. Potter. Durante los cuidados parentales, aumenta el

número de ítems, aparecen además de peces y pingüinos, otras aves (restos de pichón de escúa y gaviota cocinera), kril, otros crustáceos y moluscos. Estos cambios podrían deberse al aumento en los requerimientos energéticos y/o cambios en la disponibilidad de alimento. Es interesante señalar que los resultados variaron en relación con la metodología utilizada. Si se consideran los resultados obtenidos mediante el análisis de las egagrópilas, el escúa polar del sur consume principalmente pingüinos en Pla. Potter y peces en Pta. Cierva, mientras que en base al análisis de regurgitados y lavados estomacales, para ambas localidades, los peces son el ítem principal en su dieta. En el análisis combinado de egagrópilas y regurgitados no se detectaron evidencias de competencia por el alimento entre ambas especies. En base a la comparación directa de metodologías en poblaciones que difieren marcadamente en el número de parejas reproductivas de escúa pardo, aquí se presenta una fuerte evidencia de una función no alimenticia para la ingesta de plumas, más que la explicación alternativa de los pingüinos como un importante ítem dietario, a pesar de la alta frecuencia de plumas hallada en las egagrópilas.

A partir de la ecología de estas presas y en base a la duración de los viajes de forrajeo se determinó que las áreas de alimentación del escúa polar del sur se extienden hasta 25 km en Pla. Potter y 32 km en Pta. Cierva, respecto de la costa. En ambas localidades, los escúas se alimentaron en zonas más resguardadas y evitaron los viajes en mar abierto. Se comprobó que el esfuerzo de alimentación de las parejas reproductoras fue variable entre años, entre periodos y entre fechas. Como era esperable, las parejas aumentan el tiempo de búsqueda y obtención de alimento cuando tienen pichones, debido a los requerimientos energéticos asociados, aunque las respuestas fueron diferentes entre temporadas. Asimismo, se observó que en fechas determinadas el esfuerzo se incrementó independientemente del estatus reproductivo, lo que sugiere fluctuaciones en la disponibilidad de alimento, particularmente al ser analizadas en conjunto con la información de dieta.

Distintos parámetros del éxito reproductivo pueden ser indicadores de las condiciones favorables o desfavorables durante la reproducción. Se determinaron dos temporadas con condiciones favorables y dos con condiciones desfavorables, inferidas a partir de la fecha de arribo y comienzo de la reproducción, del número de individuos anidantes, del tamaño de la nidada y del volumen de los huevos. En todas las temporadas, las condiciones favorables y desfavorables, fluctuaron durante el periodo de cuidados parentales de los pichones, que repercutió en el éxito reproductivo general y en el crecimiento de los pichones.

En síntesis, en este trabajo concluimos que en la región de la Península Antártica e islas Shetland del Sur, el escúa polar del sur es una especie piscívora y no se detectó competencia con el escúa pardo por el recurso terrestre. Por lo tanto, los cambios en el ecosistema marino y en particular la presencia de determinadas especies en la dieta, se reflejarán en el comportamiento

de alimentación y repercutirán en el éxito reproductivo. Consideramos que esta especie puede ser un útil bioindicador de la presencia de *P. antarcticum*, especie clave en el ecosistema antártico y sensible al cambio climático regional registrado en el área.

ABSTRACT

TROPHIC ECOLOGY AND FORAGING AREAS OF SOUTH POLAR SKUA *Stercorarius maccormicki* AT TWO ANTARCTIC LOCALITIES

The south polar skua *Stercorarius maccormicki* is a top predator with one of the most opportunistic and generalist diets of all Antarctic seabirds. In northerly parts of its range from the Antarctic Peninsula to South Shetland and South Orkney islands, south polar skua breeds in sympatry with brown skuas *S. lonnbergi*. Here, brown skua dominates terrestrial resources, particularly penguin colonies which provide a predictable source of food during the breeding season, while south polar skuas are reportedly almost wholly piscivorous. In allopatry, by contrast, this species reportedly feed principally on penguins and flighted birds as well as fish. Dietary studies of skuas on South Shetland Island and the Antarctic Peninsula have varied in their sampling methodologies, contributing to a lack of consensus on the existence and nature of competition between the two species. The aim of this study was to obtain reliable information on trophic ecology of south polar skua using methods designed to quantify diets at different levels of sympatry with BS. Unbiased data on seasonal diets of skuas provide valuable indicators of resource levels in the high Antarctic, with which to inform management policies for populations of both predators and prey.

The general objective of the thesis was to compare feeding and breeding ecology of south polar skua between two sites: Potter peninsula (Isla 25 de Mayo, South Shetland Island) and Point Cierva (Antarctic Peninsula) where their breeding colonies were sympatric with different numbers of brown skuas. The study covered five consecutive breeding seasons from 2003-04 to 2007-08. During this period, the colony at Potter peninsula of 68-70 south polar skua nests also contained 30-40 brown skua nests, while the colony at Point Cierva of 166 south polar skua nests contained only two brown skua nests. Diet was determined from comparative analysis of samples of pellets, chick regurgitate and adult stomach contents. This is the first dietary study of these species to compare the contents of pellets, stomach samples and regurgitates of South Polar Skuas, produced across years and localities that differ in the number of BS breeding pairs.

The diet of south polar skua was represented by two main groups: fishes and penguins, followed in importance by flighted birds and crustaceans. Fish predominated in the diet at both sites across years, with *Pleuragramma antarcticum* favoured at Point Cierva and *Electrona antarctica* at Potter peninsula. Dietary breadth varied with breeding stage, in particular increasing during the guard stage to encompass penguins, skua chicks, seagulls, krill and other crustaceans, and molluscs. Such shifts in diet reflected increased energetic demand and changes

in food availability during the breeding season. The combined analysis of pellets and regurgitates revealed strong dietary similarities between sites, despite the large numbers of brown skuas only at Potter peninsula. Evidence for the predominance of fish in south polar skua diet at both sites came from regurgitates. The pellets on their own would have suggested an almost exclusively fish-based diet at Point Cierva contrasting with a predominance of penguin over fish at Potter peninsula. The combined analysis revealed the major switch between sites, from a high representation of moss and low presence of penguin feathers at Point Cierva to a high representation of penguin feathers and little moss at Potter peninsula. This site difference reflects a scarcity of moss at Potter. It is consistent with feathers performing the same gut-cleaning function as moss. We suggest that pellet-based studies of diet may have over-represented bird prey taken by south polar skuas, and consequently overestimated competitive impacts from brown skuas.

The foraging areas for breeding south polar skuas were estimated from trip durations combined with information on prey distributions. According to this, at Potter skuas forage up to 25 km at Potter peninsula and up to 33 km at Point Cierva. Skuas at both localities fed in sheltered areas and avoided the open sea. Feeding behaviour differed by sex, season and breeding stage. Breeding pairs increased their foraging effort when feeding chicks, reflecting their increased energy requirements at this stage. The timing of this response differed between seasons, however, suggesting changes in food availability at sea.

Conditions for breeding varied among seasons, from favourable in two seasons to unfavourable in two seasons, based on dates of arrival and initiation of reproduction, number of breeding birds, clutch size, and egg size. Across seasons, initial conditions fluctuated during the parent care stage. This impacted in the overall breeding success and chicks' growth.

In summary, SPS was found to be a piscivorous species at the two study sites, not detectably competing for food with BS. Changes in the Antarctic ecosystem related to the abundance and distribution of fish prey are therefore likely to have observable impacts on SPS feeding behaviour and ultimately on breeding success. We consider that SPS is a useful indicator of *P. antarcticum* presence, a key species in the Antarctic ecosystem and sensitive to regional climate change recorded in this area.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN GENERAL

“Sólo de ustedes depende, digamos mejor, de su voluntad”.

B. Hussay

Los ecosistemas polares tienen importancia a nivel ecológico, con una biodiversidad única, soportan comunidades autóctonas y fundamentalmente juegan un rol clave en los procesos climáticos que regulan el clima a nivel mundial (Moline *et al.* 2008). Por otra parte, son áreas donde se desarrollan actividades de interés científico y económico, como pesquerías y turismo. Estas actividades a nivel local sumado a los efectos del cambio climático a nivel regional, provocan una creciente preocupación acerca del estado de salud del ecosistema. Preguntas tales como qué especies pueden ser explotadas, cuáles son los límites de captura, en qué regiones pueden realizarse estas actividades y cómo afecta a las especies dependientes de ellas, no son fáciles de responder y requieren de programas que evalúen, planifiquen y regulen estas actividades.

En este contexto, se creó en 1982, la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA), como respuesta al incremento de la pesca de kril y con el propósito de evitar su sobreexplotación, como sucedió en el caso de la explotación de peces (Kock 1992) y la caza de mamíferos marinos (Croxall y Nicol 2004). Esta Comisión tiene como objetivo conservar la fauna y flora marina de la Antártida, con un enfoque ecosistémico y precautorio. La CCRVMA propuso, en base a la mejor información científica disponible, una serie de medidas de conservación que regulan la explotación racional de recursos vivos marinos en el Océano Austral, teniendo en cuenta tanto las especies de interés económico como las asociadas o dependientes de ellas.

Por otra parte la CCRVMA, siguiendo las propuestas de la Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible (Johannesburgo, 2002), está debatiendo la creación de Áreas Marinas Protegidas (SC-CCRVMA XXXI, 2012). Uno de los temas más sensibles es la explotación del kril antártico *Euphausia superba*, cuya biomasa fue estimada entre 61-155 millones de toneladas (Nicol *et al.* 2000), tal vez, mayor que la de cualquier especie animal multicelular del planeta (Nicol 2004). Este recurso, utilizado en acuicultura, industria farmacéutica y en menor medida en alimento para consumo humano, genera un gran interés, ya que las proyecciones para el año 2050 estiman que la población mundial se elevará a 9000 millones de personas y uno de los grandes desafíos para la industria será la competencia por agua, tierra y energía para la producción de alimento (Beddington 2010). Para poner en perspectiva la abundancia de kril, es interesante mencionar que actualmente, la recolección anual de todas las especies de peces y mariscos a escala mundial no alcanza los 100 millones de toneladas.

A pesar del incremento en las investigaciones de los grupos de trabajo de la CCRVMA que abarcan temáticas amplias como el Seguimiento y Ordenación del Ecosistema (WG-EMM), la Evaluación de las Poblaciones de Peces (WG-FSA); Estadísticas, Evaluaciones y Modelado (WG-SAM); sobre la Mortalidad Incidental Relacionada con la Pesca (WG-IMAF) y

sobre Prospecciones Acústicas y Métodos de Análisis (SG-ASAM), aún se requiere un incremento en los estudios que permitan establecer planes de manejo para regular la pesca de kril y de peces (informe del WG-EMM, 2012). Actualmente los estudios se centran en desarrollar modelos que puedan describir y predecir los efectos de la actividad pesquera sobre las especies que son explotadas y sobre las especies que dependen de ellas. Las principales limitaciones de estos modelos son la información parcial o incompleta debido a restricciones logísticas y financieras para realizar estudios a gran escala. Si bien el mayor esfuerzo de investigación gira en torno de la explotación del kril y su efecto en los niveles superiores, es decir los mesopredadores como los pingüinos, es necesario incrementar el conocimiento en otras especies que forman parte de este ecosistema (Ainley y Blight 2009). En este marco, el objetivo principal de este estudio es analizar la biología trófica y reproductiva del escúa polar del sur *Stercorarius maccormicki*, un predador tope, con una dieta amplia y plasticidad en la alimentación, para evaluar la potencial validez de esta especie como un indicador del estado de salud del ecosistema antártico.

1. EL ECOSISTEMA MARINO ANTÁRTICO

El ecosistema antártico está condicionado por la alta estacionalidad del clima. Los cambios pronunciados en la irradiación solar y en la cobertura de hielo crean condiciones muy diferentes entre el invierno y el verano que influyen directamente en los organismos. La biota antártica ha evolucionado a lo largo de los últimos 100 millones de años en condiciones de aislamiento y de bajas temperaturas. Como resultado, las especies antárticas, desde los microorganismos hasta los vertebrados, se han adaptado a la vida en temperaturas extremadamente bajas, con cambios en el genoma, fisiología y estrategias adaptativas. Sin embargo, estas adaptaciones, pueden resultar contraproducentes dado que estas especies altamente especializadas pueden tener una capacidad limitada para adaptarse al cambio climático actual (Moline *et al.* 2008).

La distribución y abundancia de las especies está determinada por la fuente de alimento, y en este ambiente dependen de los pocos meses estivales en los que las condiciones son favorables para el desarrollo. En la base de la trama trófica se ubica el plancton y los organismos que dependen de él para desarrollar su ciclo reproductivo y sobrevivir durante los meses de invierno cuando el alimento es escaso. Los márgenes continentales son las zonas de mayor productividad para el plancton ya que el aporte de minerales de origen terrestre, durante el deshielo estacional, favorece la formación de floraciones de fitoplancton. Por otra parte el deshielo ayuda a estabilizar las capas superficiales del mar, acumulando una gran biomasa algal. En este ambiente abundan crustáceos y salpas, que son los principales componentes del zooplancton y alimento de los depredadores tope. Las redes tróficas son relativamente cortas y

se estructuran alrededor de unas pocas especies, entre ellas el kril antártico, especie clave en el rol de transferir la energía del macro-zooplankton hacia niveles superiores en la trama trófica (Laws 1985). Esta especie se distribuye desde el hielo marino, donde encuentra alimento y refugio en la fase larvaria, hasta el medio oceánico (Smetacek y Nicol 2005), y constituye el alimento más importante de peces, calamares, aves y mamíferos marinos.

Además del kril, *Pleuragramma antarcticum*, es otra especie pelágica clave y dominante de los mares australes (DeWitt y Hopkins 1977, Hubold y Ekau 1987, Wöhrmann *et al.* 1997). Tiene una distribución circumpolar que incluye el Mar de Weddell, Bellingshausen, Mar de Ross, Bahía Prydz, Península Antártica, islas Shetland del Sur y Orcadas del Sur. *P. antarcticum* desempeña un rol central en la red trófica antártica, en el Mar de Weddell representando el 98% de los notothenidos (Keller 1983) y en el Mar de Ross representando el 90% de la comunidad de peces tanto en número como en biomasa (DeWitt 1970, Hubold y Ekau 1987). Forma parte de la dieta de numerosos predadores como peces, escúas sp., pingüino emperador *Aptenodytes forsteri* y foca de Weddell *Leptoyichotes weddelli* (La Mesa *et al.* 2004) y es el ítem principal en la dieta del pingüino Adelia *Pygoscelis adeliae* particularmente en los años con menor extensión de hielo (Ainley *et al.* 1998).

Los predadores tope son sinónimo de depredadores de niveles tróficos superiores, e incluye a aves y mamíferos marinos (Boyd *et al.* 2006). Debido a la marcada estacionalidad del ecosistema antártico, estas especies presentan ciclos vitales adaptados a los cambios climáticos y físicos extremos. La mayoría de ellas se reproducen en el verano austral, cuando el hielo marino retrocede y el acceso al medio terrestre es más fácil. Una vez finalizada la reproducción, muchas de las especies migran o se dispersan. Algunas viven en el océano, otras migran hacia territorios más al norte y otras permanecen en el hielo, cerca de las zonas donde el alimento es accesible, como en las polinias (aberturas del hielo marino). Con excepción de los cetáceos que pasan su vida en el mar, el resto de estas especies, dependen del medio terrestre para completar su ciclo de vida y en mayor o menor medida dependen del hielo para la cría, obtención de alimento y el descanso. Las plataformas de hielo y el hielo marino además de proporcionar hábitat crítico¹, aseguran el suministro de alimento para la mayoría de las especies, gracias a su dinámica e influencia en los procesos oceanográficos que favorecen la producción primaria.

¹ Hábitat crítico: es un área específica terrestre o acuática, en las que ocurren procesos biológicos, físicos y químicos esenciales, ya sea para una especie, o para una de sus poblaciones. Son áreas que regularmente son utilizadas para alimentación, depredación, forrajeo, descanso, crianza o reproducción, o rutas de migración.

1.1 IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ANTÁRTIDA

Una de las zonas más productivas del Océano Austral es el sector atlántico suroeste, desde la Península Antártica hasta la Convergencia Antártica y el Arco de Scotia, incluyendo las islas Georgias del Sur y Sandwich del Sur (Cap. II Fig. 3). En esta área se encuentra la mayor densidad de kril (50-70%) de todo el Océano Austral (Atkinson *et al.* 2004), así como la mayor diversidad y abundancia de sus principales depredadores, tales como focas, lobos marinos, ballenas, pingüinos, albatros y petreles (Laws 1985). La Península Antártica (PA) es una de las tres regiones del planeta y la única en el Hemisferio Sur, donde los efectos del cambio climático global son más evidentes (Vaughan *et al.* 2003). Particularmente, las señales más claras se registran al oeste de la PA (OPA; Smith *et al.* 1999, Gille 2002, Vaughan *et al.* 2003, Cook *et al.* 2005). Aquí, la temperatura superficial atmosférica se incrementó en promedio entre 3- 4°C y en particular, las temperaturas promedio del invierno aumentaron 6°C desde 1950 a 2005. Paralelamente, se registró un incremento en la temperatura superficial promedio del mar en más de 1°C durante el verano.

Debido al calentamiento experimentado en la región se han producido cambios en la dinámica del hielo marino; su extensión promedio en el OPA, declinó en un 40% y la duración de la cobertura de hielo se redujo en 80 días (Ducklow *et al.* 2007, Stammerjohn *et al.* 2003, 2008a y b, entre otros). Asimismo, disminuyó la frecuencia de ocurrencia de años fríos y se registró un aumento del derretimiento de glaciares y el colapso de numerosas barreras de hielo (Skvarca *et al.* 1999, Cook *et al.* 2005). Otras consecuencias observadas fueron cambios en la circulación atmosférica, aumento de la velocidad del viento e incremento de la nubosidad y la frecuencia de nevadas.

Un aspecto sorprendente del cambio climático regional es la magnitud del impacto que genera un relativamente pequeño cambio en la temperatura. El aumento de unos pocos grados de la temperatura atmosférica provoca el aumento de la temperatura de los océanos y pueden causar grandes cambios hidrológicos que afectan tanto al medio físico como a los organismos. Por ejemplo, el incremento de agua dulce proveniente del deshielo de los glaciares ha contribuido a la modificación estacional de la diversidad de especies del fitoplancton y en consecuencia del zooplancton marino (Moline *et al.* 2004, McClintock *et al.* 2008). Asimismo, la disminución del hielo marino en invierno modifica la variedad y composición regional del fitoplancton, lo que favorece la proliferación de salpas y desfavorece al kril. El reclutamiento de kril ha sido relacionado con años de hielo marino denso durante el invierno (Fraser y Hoffman 2003) y se ha propuesto que la disminución de la extensión y duración del hielo durante el invierno son la causa de la declinación de la abundancia de kril en la región de la Península Antártica (Atkinson *et al.* 2004). Las especies que consumen kril, como los peces *Electrona*

antarctica y *P. antarcticum* son abundantes en los límites de la plataforma y tienen dietas similares pero difieren en que *P. antarcticum* posee anticoagulantes que le permiten habitar zonas más frías. Se ha propuesto que, con la reducción del hielo marino y el aumento de la temperatura, la competencia inter-específica puede aumentar (Cullins *et al.* 2011).

Estos cambios también afectan a los predadores tope, por una parte por la pérdida o ganancia de hábitat crítico como por ejemplo el territorio utilizado durante la reproducción y por otra por la modificación de las redes tróficas que tienen repercusiones directas sobre el alimento que consumen las aves y mamíferos. De esta manera, la contracción del área ocupada por el hielo marino afecta a las especies que más dependen de él para completar su ciclo reproductivo (especies pagofílicas o dependientes del hielo) mientras que otras especies menos dependientes, posiblemente se benefician por la reducción. Todos estos cambios producen alteraciones en las redes tróficas de las comunidades, en la distribución y la abundancia de las especies (Forcada 2007). Las consecuencias del calentamiento global resultan de la interacción de múltiples factores, lo que da lugar a diferentes tipos de respuestas poblacionales entre distintas especies, con los consiguientes cambios en las comunidades y en los ecosistemas. Estos se expresan regionalmente y a distintas escalas temporales, en función del impacto local del calentamiento, de los ciclos climáticos relacionados y de las repercusiones sobre cada especie en particular.

1.2 IMPACTO DE LA PESQUERÍA MARINA

El desarrollo de la industria pesquera en la región antártica puede desestabilizar al ecosistema marino y ocasionar efectos directos e indirectos sobre los predadores tope. Esta actividad que comenzó a mediados de la década del 60, no fue regulada hasta 1982 con la creación de la CCRVMA, y recién en 1985 se establecieron las primeras medidas de conservación. Durante ese periodo se comercializaron 18 especies de peces y varias de ellas fueron sobreexplotadas debido a la ausencia de regulación. Por ejemplo, en las islas Georgias del Sur, la pesca de *Notothenia rossi* y *Champsocephalus gunnari*, comenzó en 1969-70 y en sólo dos años las poblaciones se redujeron en un 90% (Kock 1992). A pesar de las medidas tomadas por la CCRVMA en 1985, estas poblaciones aún no se han recuperado (Kock *et al.* 2007). En las islas Shetland del Sur, se sobreexplotaron *N. rossi*, *Ch. gunnari* y *Gobbianotothen gibberifrons*, en este caso como pesca accidental, y a pesar de que la pesca fue prohibida en 1990, las poblaciones aún no se han recuperado o lo hacen a un ritmo muy lento (Barrera-Oro y Marschoff 2007, Marschoff *et al.* 2012). Durante los años 1977 a 1983 *P. antarcticum* fue explotada por la Unión Soviética (aproximadamente 1,000 t. por año). Si bien en la actualidad, no es de interés comercial, las larvas y juveniles pueden ser capturados accidentalmente en las pesquerías de kril, aunque no es considerado una amenaza mayor. Teniendo en cuenta la importancia de esta especie en el ecosistema, cualquier intento de explotación en el futuro debe

ser cuidadosamente evaluado (Gon y Vacchi 2010). Por el momento no existen medias de conservación especiales para la misma, si bien es necesario que estas poblaciones sean monitoreadas. Recientemente, otra especie objeto de la pesca es la merluza negra *Dissostichus sp.*, que tiene ritmo de crecimiento lento, madurez sexual tardía y bajos índices de reproducción, factores que deben tenerse en cuenta para planificar una explotación sustentable. Esta especie, también conocida como oro blanco, se comenzó a pescar en 1985-86 y actualmente es una de las especies de mayor interés económico. Su explotación sustentable es el gran desafío que enfrenta CCRVMA, ya que las especies mencionadas anteriormente fueron sobreexplotadas en años previos a la firma de la CCRVMA mientras que la pesca de merluza negra se inició posteriormente a la implementación de las medidas de conservación, representando la prueba o no, de que las medidas adoptadas, serán realmente efectivas para realizar una explotación sustentable sin perjuicio de las poblaciones objeto de la pesca y las especies dependientes.

Con respecto al kril, la pesca se realiza principalmente en las aguas antárticas alrededor de las islas Orcadas del Sur, Shetland de Sur y norte de la Península Antártica (Kock *et al.* 2007). Para la temporada 2010-2011 la pesca total fue de 180.986 t; registrándose en las islas Orcadas del Sur la mayor captura desde 1990-91 (111.472 t) y el resto de la pesca se llevó a cabo principalmente en la Península Antártica (7.970 t) específicamente al este del pasaje del Drake (informe del WG-EMM, 2012). Actualmente la CCRVMA se encuentra desarrollando un modelo de manejo para evaluar los límites de captura vigentes.

Paralelamente, la pesca también fue responsable de los altos índices de mortalidad incidental (by-catch) de aves antárticas y subantárticas. Una de las causas fundamentales fue la pesca en palangre, que consiste en una línea de anzuelos con carnada. Antes de que estos se hundan, las aves, particularmente albatros y petreles, intentan tomar la carnada y muchas veces quedan atrapados y mueren ahogados. En la actualidad uno de los grandes logros de la CCRVMA fue reducir la tasa de mortalidad incidental casi a cero (SC-CCRVMA XXXI 2012, Furness 2003).

1.3 IMPACTO DEL TURISMO

El turismo y la pesca, son actividades comerciales reconocidas y legitimadas por el Tratado Antártico. En la década de los 90 las actividades turísticas experimentaron un crecimiento de notable magnitud tanto en el número de personas como en los sitios visitados y en la frecuencia de los desembarcos realizados. En 1993-1994 el número de turistas fue de 5.000, mientras que para la temporada 2006-07 ascendió a 30.000, señalando un crecimiento de gran magnitud en poco tiempo, en la actualidad estas cifras se han estabilizado. El 90% de esta actividad se realiza a través de cruceros. La Península Antártica y las islas Shetland del Sur son

las zonas más visitadas recibiendo entre 1.000 y 12.000 turistas por verano (Sánchez 2007, IAATO 2007).

Dado este notable incremento, la comunidad científica antártica se ha preocupado por el potencial impacto de distinto orden y magnitud sobre el medio ambiente. Sin embargo a pesar de la diversidad de los estudios realizados, no existe un consenso acerca del impacto del turismo. Actualmente se considera que la actividad turística puede generar un impacto acumulativo, por la formación de senderos que erosionen el suelo y que alteren la flora antártica, por ruidos, por pequeñas pérdidas de combustibles o emanaciones gaseosas de los buques que provocan el abandono de sitios de reproducción o alimentación de aves y mamíferos (Bertelloti *et al.* 2013). Paralelamente, los viajes constantes de cruceros pueden actuar como vectores de especies exóticas, que pueden llegar a establecerse en el área debido al incremento de la temperatura (Chown *et al.* 2012, Hughes y Convey 2012). Del mismo modo, se ha postulado que los medios de transporte de la logística asociada a la investigación, pueden actuar como vectores de especies no autóctonas y que las bases antárticas pueden contribuir a la polución química (Aronson *et al.* 2011).

2. MONITOREO DEL ECOSISTEMA: LOS PREDADORES TOPE

Las aves marinas son destacados componentes de los ecosistemas marinos. Se ha demostrado que son importantes consumidoras de recursos en el mar (Woehler 1995); ocupan nichos tróficos diversos y en muchos casos consumen presas que son objeto de las pesquerías, o son presas de peces explotados comercialmente (Furness y Cooper 1982). Por estos motivos son indicadores sensibles a los cambios de los ecosistemas (Furness y Camphuysen 1997, Furness 2007), por ejemplo cambios en la dieta de las aves marinas pueden aportar un indicio temprano de las fluctuaciones de los stocks de peces (Furness 2007) y de las condiciones oceanográficas (Croxall 2004).

Los cambios ocurridos en el ecosistema causados por factores climáticos o los de origen antrópico local, afectan a las poblaciones de aves marinas a través de la disponibilidad, cantidad o calidad de las fuentes de alimento (Furness 1982). El conocimiento preciso de los patrones de forrajeo, la localización de las áreas de alimentación y la cantidad y el tipo de alimento consumido permiten interpretar la influencia del ecosistema marino sobre las poblaciones de los predadores tope y son herramientas indispensables para la conservación de estas especies. Si bien la dinámica poblacional, las áreas de forrajeo y la relación con el cambio en la abundancia del kril o la reducción del hielo marino en pingüinos pygoscelidos, es bien conocida (Hinke *et al.* 2007, Reiss *et al.* 2008, Dunn *et al.* 2011, Trivelpiece *et al.* 2011, entre otros), no ocurre lo mismo con respecto a las aves voladoras, y en particular el escúa polar del sur (EPS), sólo existen algunos trabajos que estimaron las áreas de forrajeo (Young 1994, Hahn *et al.* 2008).

Respecto de la dieta se determinó que el EPS se alimenta de pingüinos, peces y aves voladoras cuando nidifica en alopatria (Young 1994), mientras que en simpatria con el escúa pardo (EP), existe una partición del recurso alimentario. Aquí, el EPS se alimenta principalmente de peces, mientras el EP monopoliza los recursos terrestres como las colonias de pingüinos que son una fuente relativamente constante de alimento. No obstante, a pesar de que existen numerosos estudios sobre la dieta del EPS en las islas Shetland del Sur y Península Antártica, los resultados obtenidos difieren notoriamente según la metodología utilizada (Reinhardt 1998, Hahn *et al.* 2008, Malzof y Quintana 2008, Montalti *et al.* 2009, Graña Grilli *et al.* 2011 entre otros). Por todo esto, es indispensable realizar análisis más amplios sobre la composición de la dieta, el comportamiento de alimentación, las áreas de forrajeo y su relación con el éxito reproductivo.

El EPS es considerado como uno de los mejores representantes de las especies oportunistas y generalistas entre las aves marinas antárticas (Young 1994). Dado que en áreas de simpatria tiene una dieta básicamente piscívora (Reinhardt *et al.* 2000), potencialmente podría ser un buen indicador de cambios en el ecosistema marino, proveyendo información de varias especies presa (Furness y Camphuysen 1997). Los ítems mejor representados en la dieta, reflejarían una mayor presencia y/o accesibilidad, siempre relacionados con las limitaciones anatómicas y comportamentales de esta especie. Es importante destacar que la mayoría de los análisis de las relaciones entre la disponibilidad de las presas en el mar y la dinámica poblacional de sus predadores, se realizaron con posterioridad a la explotación de las especies presa y por lo tanto es muy difícil evaluar la recuperación y el impacto sobre el ecosistema (Ainley y Blight 2009, Marschoff *et al.* 2012). En base a la información publicada acerca de la dieta del EPS, una de sus presas principales es *P. antarcticum*, especie clave en el ecosistema antártico y que aún no ha sido explotada de manera intensiva. Por este motivo, este trabajo, además de brindar un conocimiento más acabado sobre la ecología trófica del EPS, aportará información útil acerca de las presas presentes en la dieta y de esta forma contribuir al monitoreo de estas especies antes del comienzo de su explotación, convirtiéndose en una potencial herramienta para la conservación y el manejo de los recursos.

3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERES DE LA ESPECIE

3.1 TAXONOMÍA Y FILOGENIA DE ESCÚAS

Los escúas son aves marinas predadoras que habitan en áreas templadas y polares de ambos hemisferios. En contraste con otros grupos de aves antárticas, aún presentan problemas sistemáticos y nomenclaturales. Cohen *et al.* (1997) consideraron, en base a características morfológicas (Fig. 1) y hábitos alimentarios, que la Fam. Stercorariidae (Orden Charadriiformes) incluye dos géneros, *Stercorarius* (“salteadores”) y *Catharacta* (“escúas de gran porte”). El primero con las 3 especies más pequeñas del grupo, *S. longicaudatus*, *S.*

parasiticus y *S. pomarinus*, que se reproducen en el Hemisferio Norte. El segundo, *Catharacta*, reúne a 4 especies, *C. skua* (escúa común), *C. maccormicki* (escúa polar del sur), *C. chilensis* (escúa de Chile) y *C. antarctica* que incluye 3 subespecies, *C. a. antarctica* (escúa de Malvinas), *C. a. lonnbergi* (escúa pardo), *C. a. hamiltoni* (escúa de Tristhan da Cunha). Entre ellos, sólo el escúa común se reproduce en el Hemisferio Norte, mientras que el resto de las especies del género lo hacen en el Hemisferio Sur y son conocidas como taxa del Hemisferio Sur. Posteriormente Andersson (1999b), basado en evidencias genéticas, parásitos y comportamiento considera que la Fam. Stercorariidae está representada por un sólo género, *Stercorarius*, que desde el 2002 fue aceptado por la American Ornithologist's Union (A.O.U) y es el criterio seguido en este trabajo. Actualmente existen controversias acerca del status a nivel de especies y subespecies en los escúas del Hemisferio Sur, a excepción del EPS (Furness 1987, 1996, Cohen *et al.* 1997). Varios autores coinciden en que *Stercorarius maccormicki* es una especie bien diferenciada y consideran que es la primer especie que surgió de la rama de los grandes escúas (Furness 1987, Andersson 1999a, Ritz *et al.* 2008). Otra cuestión importante es determinar el nivel de significancia que tiene el fenómeno de hibridación entre *S. lonnbergi* y *S. maccormicki* que ha sido registrada en el área de la Península Antártica hasta el norte de las islas Orcadas del Sur (Devillers 1978, Parmelee 1988, Ritz *et al.* 2006). En esta región de simpatria, se han registrado individuos de ambas especies formando parejas mixtas con descendencia fértil (Parmelee 1988, Ritz *et al.* 2006, Ritz *et al.* 2008). También se ha registrado hibridación entre *S. chilensis* y *S. antarctica* en la costa patagónica de Sudamérica (Devillers 1978). Ambos casos son de interés taxonómico, dado que, de acuerdo con Furness (1987) involucran a las especies consideradas más distintivas (*S. chilensis* y *S. maccormicki*) con miembros del otro grupo cuyo origen y certeza como taxa es considerado más variable e incierto (Young 1994).

3.2 HÁBITOS Y COMPORTAMIENTO

En el ecosistema antártico, los escúas a menudo se alimentan de vertebrados de relativamente gran tamaño y presentan dimorfismo sexual revertido (Andersson 1999b). Durante la temporada reproductiva las parejas de EPS ocupan y defienden un territorio de reproducción; en las áreas en donde anidan cercanos a colonias de pingüinos y petreles, también pueden defender territorios de alimentación (Young 1994). Los escúas arriban al área de reproducción a mediados de octubre (Ainley *et al.* 1990) y reproducen en colonias de entramados laxos (Young 1994). La primera reproducción se produce entre los 7 y 9 años, la puesta es de 1 o 2 huevos, de color verde amarronado, camuflados en un nido poco elaborado en la tierra. La incubación dura en promedio 28- 29 días (Young 1963a, Pietz 1987). La puesta es asincrónica y variable entre localidades, en la Isla Anvers el inicio promedio es alrededor del 10 de diciembre (Neilson 1983), mientras que en la Isla 25 de Mayo y en las Orcadas del Sur, es

entre el 10 y 21 de diciembre (Trivelpiece y Volkman, 1982, Hemmings 1984). Los pichones son semi-precociales, crecen aproximadamente hasta los 55 días, cuando presentan el plumaje completo y pueden volar. Alrededor de los primeros días de abril, los pichones que en general dependen de los adultos para alimentarse (Reid 1966), abandonan los nidos y comienzan la migración.

Tienen un éxito reproductivo bajo, por lo cual cuando existen condiciones favorables para la reproducción, lo optimizan incrementando su esfuerzo para mejorar el éxito de emancipación. Cuando las condiciones son desfavorables, el abandono de la nidada puede reducir el estrés y favorecer el éxito reproductivo para el año siguiente así como también la supervivencia de los adultos (Ainley *et al.* 1990).



Figura 1. Ejemplos de plumaje polimórfico en el EPS.

4. OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar la ecología trófica y reproductiva del escúa polar del sur *Stercorarius maccormicki* y estimar las áreas de alimentación en Península Potter (Isla 25 de Mayo, Shetland del Sur) y en Punta Cierva (Península Antártica).

Objetivos específicos

- a) Analizar la composición de la dieta en distintas etapas de la reproducción en dos localidades que difieren en el número de parejas de escúa pardo que reproducen en simpatria.

- b) Identificar si existe un sesgo en la determinación de la dieta inducido por las metodologías utilizadas.
- c) Determinar el tiempo de permanencia en el mar durante los períodos reproductivos, cuantificando la frecuencia y duración de los viajes de alimentación realizados por individuos de ambos sexos. En base a ello y a partir de las especies de peces consumidas, determinar las zonas de alimentación en el mar.
- d) Analizar distintos parámetros reproductivos como indicadores de las condiciones generales durante la reproducción y evaluar la relación entre la dieta y el éxito reproductivo.

En este trabajo se analizan diversos aspectos de la ecología trófica del EPS y su relación con el consumo de peces, en particular *P. antarcticum*. Dado que esta especie es el pez pelágico más abundante de los océanos antárticos (Eastman 1985) con un rol ecológico similar al del kril (Hureau 1994), es necesario evaluar la presencia en la dieta de las especies predadoras. Esto está ligado a los vacíos de conocimiento de la biología básica de algunos predadores tope, que es una información relevante para contribuir al desarrollo de modelos ecosistémicos.

CAPÍTULO II

ÁREAS DE ESTUDIO

2.1 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE ANTÁRTIDA

El concepto de Antártida, se aplica a todas las tierras emergidas al sur de los 60°S, mientras que Antártico incluye tanto a las tierras emergidas como a las regiones marítimas que se encuentran limitadas por la Convergencia Antártica. Esta es una línea circumpolar de encuentro entre las aguas templadas y menos densas de los océanos Pacífico, Atlántico e Índico con las frías y más densas aguas polares. Constituye el límite biogeográfico que suele situarse alrededor de los 58°S, aunque puede variar según la estación y la longitud consideradas, señalando un cambio abrupto en la composición del plancton y de las aves marinas. El continente antártico tiene una extensión de aproximadamente 14.000.000 km², de los que menos del 1% corresponden a áreas libres de hielo. En otras palabras, más del 95% de la Antártida está cubierta por hielo que constituye el 90% del agua dulce del mundo.

La Antártida se divide en dos sectores, Oriental y Occidental, este último, incluye a la Península Antártica, caracterizada por cadenas montañosas y fiordos, una costa irregular y una mayor zona libre de hielos. La misma, está limitada por el Mar de Bellingshausen en la costa oeste y por el Mar de Weddell al este (Fig. 2). El sector oeste de la Península Antártica (OPA), tiene una extensión de aproximadamente 1500 km, desde la punta norte de la Península 63°S 60°O hasta los 75°S 80°O (Ducklow *et al.* 2007).



Figura 2. Mapa del continente Antártico.

El Mar de la Flota (Estrecho de Bransfield), ubicado al oeste de la PA, es un área de alta productividad para todos los niveles tróficos (Zhou *et al.* 1994, Atkinson *et al.* 2004, Ducklow *et al.* 2007, Murphy *et al.* 2012). Es un pasaje de 112 km de ancho con una profundidad máxima de 2.000 m. Se extiende 460 km entre las islas Shetland del Sur al noroeste, la Península Antártica al sureste y el Estrecho de Gerlache al suroeste (Fig. 3). Es una zona de transición entre el Mar de Bellingshausen y el Mar de Weddell. Al noreste está comunicado con el Mar de Weddell y recibe corrientes frías y con alta salinidad (García *et al.* 2002) y al oeste está limitado por aguas relativamente poco profundas (hasta 500 m.), donde existe una intrusión de agua desde la Corriente Circumpolar Antártica profunda, que ingresa al Mar de la Flota emergiendo en la Isla Brabante y transportando nutrientes inorgánicos y agregaciones de kril (Zhou *et al.* 2006). Al Suroeste, se ubica el Estrecho de Gerlache ($63^{\circ}45'S$ a $65^{\circ}S$) que es un corredor angosto de 175 km de largo por 7 a 50 km de ancho, está localizado entre las islas Anvers y Brabante y la Península Antártica, conectándose al Sur con el Mar de Bellingshausen y al Norte con el Mar de la Flota.

2.2 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio abarcó dos localidades antárticas ubicadas en la OPA distanciadas entre sí por aproximadamente 240 km. Los sitios de estudio fueron elegidos en base a condiciones diferentes en términos ecológicos. Por un lado la Pla. Potter, Isla 25 de Mayo, Shetland del Sur, donde el ESP reproduce en simpatría con el EP y por el otro, Pta. Cierva, Costa Danco, PA) donde reproduce en alopatría (Fig. 3) (ver punto 2.3).

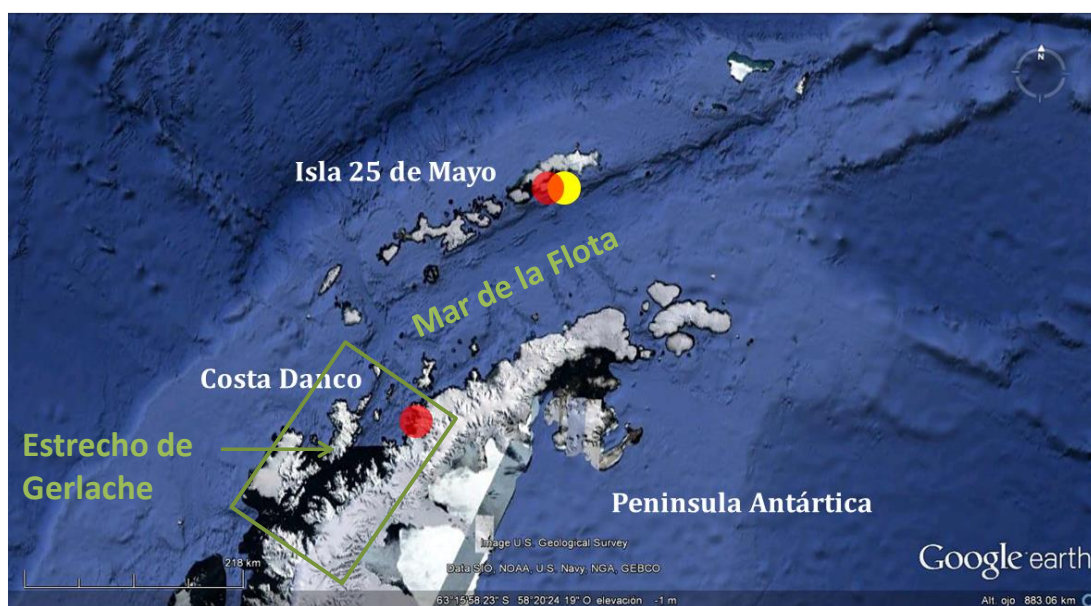


Figura 3. Áreas de estudio, Pla. Potter, Isla 25 de Mayo (círculo rojo y amarillo: simpatría) y Pta. Cierva, Costa Danco, Península Antártica (círculo rojo: alopatría).

2.2.1 Península Potter (Isla 25 de Mayo, islas Shetland del Sur)

Los muestreos se realizaron en la Isla 25 de Mayo (62°16'S, 58°37'O) que pertenece al grupo de las islas Shetland del Sur. La zona de muestreo está localizada en la costa oriental de la Bahía Guardia Nacional, sudoeste de la Isla 25 de Mayo, entre el extremo Sur de Punta Mirounga (noroeste de la Pla. Potter) y la saliente rocosa conocida como Peñón 7, sobre el extremo nororiental de Punta Stranger (Fig. 4).

La Isla 25 de Mayo tiene una línea de costa muy irregular, con pequeñas bahías formadas entre promontorios rocosos. El clima en general es severo, con temperaturas invernales que alcanzan los -20°C y temperaturas medias de -6,5°C, caracterizado por precipitaciones frecuentes (aprox. 700 mm por año) y fuertes vientos del oeste de hasta 140 km/h. Durante los meses de invierno el mar adyacente está cubierto por hielo hasta principios de la primavera, si bien puede presentar una gran variabilidad interanual con respecto a la extensión y duración del mismo. Durante la primavera-verano, la temperatura promedio es de 1,5°C, el clima es en general benigno, pero son comunes las tormentas con velocidades del viento mayores a 100 km/h, que producen sensaciones térmicas de alrededor de -10°C.

El área de los muestreos es de aproximadamente 6,5 km² e incluye la Zona Antártica Especialmente Protegida (ZAEP N° 132). Posee comunidades vegetales caracterizadas por líquenes y musgos y en las áreas costeras alberga grupos reproductores de elefante marino del sur *Mirounga leonina*, grupos no-reproductores de lobo marino antártico *Arctocephalus gazella* y ocasionalmente, foca de Weddell, foca cangrejera *Lobodon carcinophaga* y foca leopardo *Hydrurga leptonyx*. Dentro de la ZAEP, existen poblaciones de petreles de las tormentas, con mayor proporción de *Oceanites oceanicus* sobre *Fregetta tropica*, sitios de nidificación de gaviota cocinera *Larus dominicanus*, paloma antártica *Chionis alba*, gaviotín antártico *Sterna vittata*, petrel gigante *Macronectes giganteus* y colonias reproductivas de pingüino Adelia y papúa con abundancias estimadas entre 3400 y 3700 parejas respectivamente (Carlini *et al.* 2009).

En este sitio reproducen en simpatría el EPS y el EP, con abundancias estimadas entre 68 y 70 y entre 30 y 34 parejas respectivamente. Además se han registrado, entre 12 y 14 parejas mixtas de ambas especies. En la ZAEP, entre 12 y 13 parejas de EP, ocupan y defienden activamente territorios de alimentación que incluyen a los grupos reproductivos de pingüinos (Fig. 4). La determinación de especies fue realizada en base a caracteres morfológicos, coloración del plumaje y comportamiento. Paralelamente las determinaciones fueron testeadas mediante análisis moleculares (Ritz *et al.* 2008). En los casos en que se tuvo dudas acerca de la identidad de la especie, las parejas no se tuvieron en cuenta en los análisis.

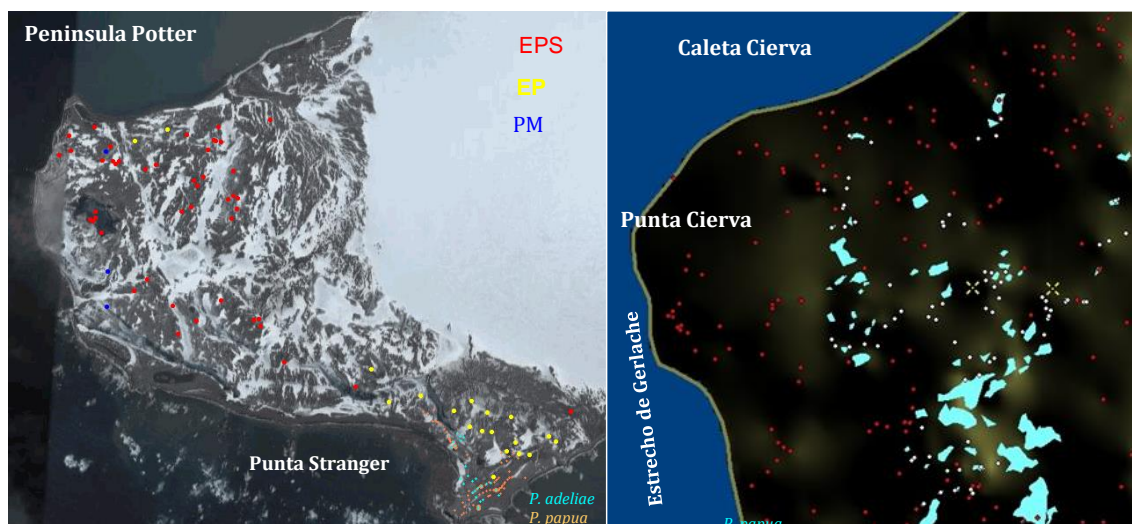


Figura 4. A) Área de muestreo en la Isla 25 de Mayo. Modificado de King George Island GIS Project (KGIS). En rojo: EPS, en amarillo: EP y en azul: parejas mixtas. En celeste y naranja se indican las poblaciones de pingüino papúa y Adelia respectivamente. **B)** Área de muestreo en Punta Cierva. En rojo: EPS, las estrellas marcan los dos nidos de EP, registrados en la zona. En celeste, los grupos reproductivos de pingüino papúa. Nótese que numerosos nidos de EPS se localizan más cerca que los EP respecto de los grupos reproductivos de pingüinos.

2.2.2 Punta Cierva (Península Antártica)

El segundo sitio de muestreo fue Punta Cierva ($64^{\circ}09'S$, $60^{\circ}57'O$) ubicada sobre la costa sur de Caleta Cierva, al norte de Bahía Hughes, entre la Costa Danco y Costa Palmer, en el sector noroeste de la Península Antártica. El sitio comprende el área libre de hielo entre la costa sudoeste de Caleta Cierva y la costa noreste de la Caleta Santucci. La línea de costa es muy abrupta y los intermareales rocosos son poco abundantes. Existe una alta riqueza de especies, tanto animales como vegetales y la abundancia de algunas de ellas es, en algunos casos, excepcional. La gran variedad de relieves, formas de costas y la extensa y variada cobertura vegetal, ofrecen una diversidad escénica inusual en el ámbito antártico, lo que le da un alto valor paisajístico, por lo que fue establecido una zona antártica especialmente protegida (ZAEP N° 134, Fig.5).

La flora incluye las dos especies antárticas de plantas con flores, unas 18 especies de musgos, unas 70 de líquenes, dos hepáticas y unas 20 especies de hongos. La cobertura de musgos, líquenes y gramíneas es muy extensa. Las comunidades vegetales más conspicuas son las asociaciones de líquenes, el colchón de musgo, dominado por *Polytrichum-Chorisodontium* y la subformación de *Deschampsia-Colobanthus*, que cubren áreas de más de cien metros cuadrados, con una profundidad promedio de 80 cm. La fauna de artrópodos terrestres es también numerosa y en ocasiones asociada a las pozas de marea litorales.

En la ZAEP anidan 12 especies de aves: pingüino barbijo *Pygoscelis antarctica*, pingüino papúa, petrel gigante del sur, petrel pintado o damero *Daption capense*, petrel de las

tormentas de Wilson, cormorán antártico *Phalacrocorax bransfieldensis*, paloma antártica, gaviota cocinera y gaviotín antártico, además de los escúas. Las colonias más numerosas corresponden a las de pingüino barbijo, pingüino papúa, petrel de las tormentas de Wilson, EPS y gaviota cocinera (González-Zevallos *et al.* 2013). El área de muestreo en Pta. Cierva, es de aproximadamente 1,5 km², donde reproducen entre 166 y 180 parejas de EPS y dos parejas de EP en cercanías de una colonia de pingüino papúa constituido por 2600 parejas (González-Zevallos *et al.* 2013; Fig. 5).

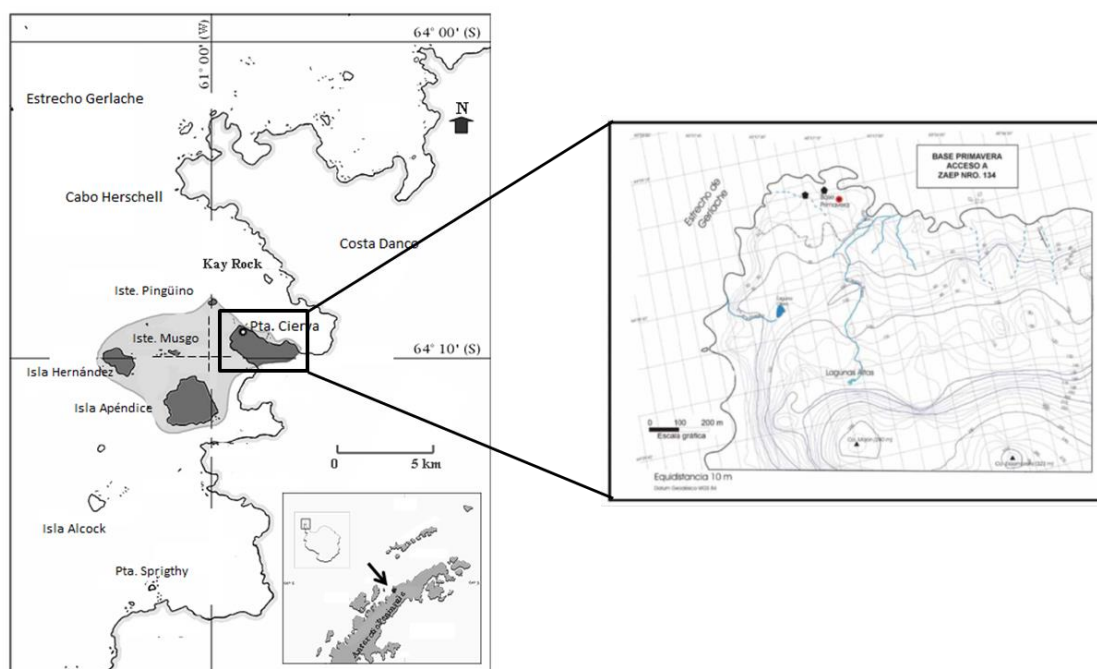


Figura 5. Zona Antártica Especialmente Protegida N° 134, Pta. Cierva e islas frente a la costa, Costa Danco, Península Antártica. En sombreado, el conjunto de áreas que forma la ZAEP No 134. En detalle, el Sector de Pta. Cierva que incluye a Base Primavera.

2.3 ALOPATRÍA Y SIMPATRÍA

La población total del EPS fue calculada entre 10.000 y 19.999 individuos, estimándose que el número de adultos reproductores varía entre 6000 y 15.000 (Birdlife 2012). Las distintas especies de escúas se distribuyen en grandes áreas geográficas del Hemisferio Sur, en particular el EPS se distribuye en el continente antártico extendiéndose hacia el norte de la Península Antártica, islas Shetland del Sur e islas Orcadas del Sur (Hemmings 1984, Young 1994). El EP ocupa un rango geográfico amplio, distribuyéndose alrededor del continente antártico pero circunscrito a las islas del Océano Austral, que forman tres grupos, las islas de Nueva Zelanda y Australia, las islas del sector del Océano Índico y las islas del Arco de Scotia y sector del Atlántico Sur (Fig. 6). Los casos de hibridación comprobados ocurrieron en las islas Balleny, al sur de Nueva Zelanda y en el sector Atlántico (Península Antártica e islas del Arco de Scotia),

donde ambas especies viven en simpatria y se han registrado parejas mixtas con descendencia fértil (Parmelee 1988, Ritz *et al.* 2006, Ritz *et al.* 2008).

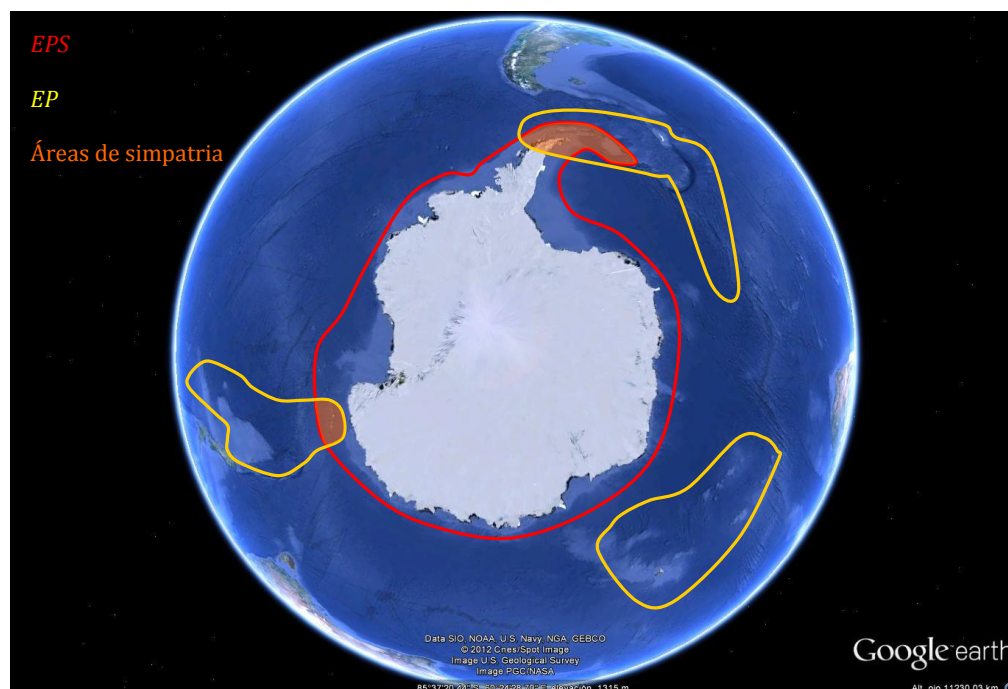


Figura 6. Distribución de las poblaciones reproductivas de los escúas del Hemisferio Sur. En rojo, la distribución del EPS, en amarillo del EP. Las áreas sombreadas representan las zonas de superposición e hibridación entre el EPS y el EP.

Es importante señalar que en años previos al inicio de este trabajo, en la temporada 1997-98, no se habían registrado parejas de EP en Pta. Cierva (Favero *et al.* 2000). Contrariamente, Quintana *et al.* (2000) en la temporada 1996-97 determinaron 96 parejas de EPS, 26 de EP, 8 parejas mixtas (EPS-EP) y 55 parejas sin determinar. Teniendo en cuenta estos datos la razón EPS-EP sería de 3,7:1, similar a la registrada para Pla. Potter (2,3:1), pero distinta a la de otras poblaciones ubicadas en las islas Shetland del sur, como Bahía del Almirantazgo, (8,8:1), la Isla Medialuna (18:1) y la Isla Anvers (16,7:1) que es el registro más austral del EP (Bertoldi Carneiro *et al.* 2009, Montalti *et al.* 2009, Pietz 1987). Teniendo en cuenta que la presencia del EP disminuye hacia el Polo Sur (Reinhardt 1997), que no ha sido registrado más allá de la Isla Anvers (Ritz *et al.* 2008) y que la relación EPS-EP es similar a las halladas en menores latitudes, consideramos que la observación de Favero *et al.* (2000) es la más apropiada.

En este estudio, a partir de la primera temporada de muestreo (2004-05) se registraron dos parejas de EP identificadas en base al plumaje, análisis morfométrico y comportamiento. El número de parejas de EP se mantuvo constante durante todos los años de estudio y no se hallaron parejas mixtas. Las parejas de EP fueron observadas predando activamente sobre los grupos reproductivos de pingüino papúa. Sin embargo, la diferencia en el número de parejas reproductoras ($EP_{(N)} = 2$, $EPS_{(N)} = 166$) y la distribución de los nidos de papúa (Fig. 4), no

impidieron que las parejas de EPS tuvieran acceso a este recurso alimentario. Alrededor del 10% de los nidos de EPS se localizaron más cerca que los EP respecto de los grupos reproductivos de pingüinos.

En este trabajo se comparan dos poblaciones de EPS, que se reproducen en simpatría, pero con una marcada diferencia en el número de parejas de EP (2,3:1 Pla. Potter y 83:1 Pta. Cierva). En adelante, en este estudio se define a Pla. Potter como una población con un alto número de parejas de EP (ANEP) y a Pta. Cierva como una población con bajo número de parejas de EP (BNEP), si bien no se puede ignorar que incluso dos parejas de EP pueden ejercer un marcado impacto y que la región de la Península Antártica es una región de simpatría (Reinhardt *et al.* 2000, Ritz *et al.* 2006).

CAPÍTULO III

ECOLOGÍA TRÓFICA

“Science is becoming an interface between knowing and believing”

Foro de Davos 2013

3.1 ANTECEDENTES

En general, las aves marinas pelágicas poseen plasticidad trófica, con estrategias de forrajeo oportunistas en respuesta a los ambientes extremadamente variables en el tiempo y en el espacio. De manera directa o indirecta, se alimentan de presas que provienen del mar, por ello, el estudio de la dieta es uno de los puntos centrales para entender la relación de las aves marinas con su ambiente (Duffy y Jackson 1986), brindando información a diferentes escalas. Los trabajos de ecología básica describen la composición de la dieta, la cantidad y calidad del alimento provisto a los pichones, la selección de presas, el tiempo y frecuencia de los viajes de alimentación, como así también su relación con la performance reproductiva (Pietz 1987, Croxall *et al.* 1999, Casaux 2004, Hinke *et al.* 2007, Hahn *et al.* 2008, Montalti *et al.* 2009). Asimismo estas especies pueden actuar como bioindicadores de la composición de las comunidades de invertebrados y peces sobre los cuales predan y brindar datos sobre distribución, edad, sexo, estado reproductivo y contenido estomacal de las presas (Casaux y Barrera-Oro 2006). Además pueden aportar información de especies presentes en el área, que no son capturadas por los métodos convencionales, ya sea por su distribución o su alta movilidad (Montevecchi y Myers 1995) o debido a que, en las aguas superficiales, los cardúmenes de numerosas especies son invisibles en los censos hidroacústicos, pudiendo evitar los buques de investigación (Diner y Masse 1987). A mayor escala, estos análisis permiten realizar un relevamiento del potencial o efectivo impacto de las pesquerías sobre poblaciones de aves marinas (Furness 2003, 2007, Einoder 2009), estimar el consumo sobre los stocks de peces de importancia económica (Furness y Tasker 2000, Furness 2002), como así también los efectos del cambio climático sobre la disponibilidad de presas y su impacto en las tendencias poblacionales de las aves marinas (Trivelpiece *et al.* 2011).

Los escúas ocupan una posición importante en el ecosistema marino antártico. Se comportan como depredadores oportunistas y carroñeros tanto en el medio marino como terrestre y su dieta varía notablemente en tiempo y espacio (Moncorps *et al.* 1998, Phillips *et al.* 2004). En particular, el EPS consume un amplio rango de ítems alimentarios, incluyendo pingüinos y aves voladoras, peces, calamares, crustáceos y carcasas o placentas de mamíferos marinos (Young 1963, Müller-Schwarze y Müller-Schwarze 1974, Green 1986, Young 1990, Norman y Ward 1990, Mund y Miller 1995, Reinhardt *et al.* 2000, Baker y Barbraud 2001, Hanh *et al.* 2008, Malzof y Quintana 2008, Montalti *et al.* 2009, entre otros). Las estrategias de alimentación incluyen la depredación, el carroñeo y el cleptoparasitismo (Young 1994), aunque esta última no es frecuente (Reinhardt *et al.* 2000). En áreas de alopatria, el EPS se alimenta principalmente de pingüinos y aves voladoras así como también de peces (Müller-Schwarze y Müller-Schwarze 1974, 1977; Young 1963, 1994; Brooke *et al.* 1999; Baker y Barbraud 2001; Pezzo *et al.* 2001). En contraste, en áreas de simpatria con el EP, la dieta del EPS es básicamente piscívora (entre otros: Pietz 1987; Reinhardt 1998, Reinhardt *et al.* 2000; Hanh *et al.* 2008; Montalti *et al.* 2009), mientras que el EP domina el recurso

terrestre, particularmente las colonias de pingüinos que proveen una fuente constante y predecible de alimento durante la temporada reproductiva (Pietz 1987) y por ello se ha postulado una probable competencia entre ambas especies.

Para interpretar las relaciones entre las aves marinas y su ambiente se requiere conocer que tipo, cantidad y calidad de presas consumen. Cambios en la composición de la dieta pueden reflejar alteraciones en la disponibilidad de las presas (Montevecchi y Myers 1995) debido a la actividad pesquera y/o a los efectos del cambio climático (Loeb *et al.* 1997, Furness 2007, Trivelpiece *et al.* 2011). Información confiable de la dieta de distintas especies, provee indicadores valiosos de los niveles de recursos vivos marinos en Antártida y es un componente importante de los planes de manejo para las poblaciones de predadores y presas (Croxall y Nicol 2004). El análisis de la dieta y la estimación de las áreas de alimentación, forman parte de los objetivos de conservación de las Áreas Marinas Protegidas en Antártida, actualmente en discusión.

PRESENCIA Y DISPONIBILIDAD DE PRESAS PARA LOS ESCÚAS DURANTE LA TEMPORADA REPRODUCTIVA

Es importante destacar la diferencia entre presencia y disponibilidad de especies. Si bien varias especies pueden estar presentes en un área, no todas pueden estar disponibles como presas. Existen limitaciones morfológicas de los predadores o comportamientos de las presas (migraciones verticales diarias, hábitos bentónicos en peces, comportamientos de defensa en aves), que pueden actuar como barreras para los predadores.

Se elaboró una lista de potenciales presas basada en la información existente de la dieta del EPS y en las especies presentes en las áreas de estudio (Tabla 1). Se incluye una breve descripción de los ítems mencionados y de acuerdo con su ciclo de vida, los momentos en que estas poblaciones están disponibles como recurso. Por otro lado, determinar la disponibilidad de presas de origen marino es un muestreo difícil y costoso y son pocos los trabajos realizados al respecto en Antártida (Silva *et al.* 1999; Casaux *et al.* 2003). En este estudio no fue posible establecer empíricamente la disponibilidad de presas en el mar por limitaciones logísticas. Las especies de zooplancton y peces listadas corresponden a las halladas en publicaciones previas.

1. Zooplancton: está compuesto por una amplia variedad de larvas y adultos de diferentes especies. Sin embargo, a pesar de esta gran diversidad, el kril antártico es la especie dominante en términos de biomasa. Los escúas pueden alimentarse de kril de forma directa en el mar o indirectamente a partir de peces o calamares que consumen este crustáceo, de estómagos de los pichones de pingüinos que preda, o por carroñeo del kril que se derrama en las colonias de pingüinos durante la alimentación de los pichones. La mayor disponibilidad de este recurso se registra entre fines de febrero y principios de marzo.

2. Peces y calamares: En el área del mar de Ross, los calamares pueden formar parte de la dieta de los escúas (Ainley *et al.* 1984) mientras que en Pta. Cierva, se han registrado ocasionalmente (Favero y Coria 2007). También han sido señalados como una probable fuente de alimento durante los movimientos migratorios desde y hacia las áreas de reproducción (Young 1994).

La ictiofauna antártica tiene una menor diversidad respecto de otros ecosistemas marinos (Eastman 1995) y a diferencia de ellos, la abundancia de peces pelágicos es baja (Barrera Oro 2002). Las aguas oceánicas se caracterizan por especies mesopelágicas y batipelágicas, la mayoría pertenecientes a la familia Mictophidae, mientras que la zona costera y demersal está caracterizada por los Notothenioidei. Este grupo puede ser encontrado hasta los 1200-1500 m de profundidad y es único con respecto a la diversificación y dominancia en el hábitat de la plataforma continental (Eastman 1995). En la Tabla 1 se presentan las especies halladas en estudios previos.

3. Aves marinas: Sólo se describirán las especies presentes en el área de estudio y no en las áreas vecinas, si bien estas pueden ser una potencial fuente de alimento. Se ha registrado la presencia de escúas, principalmente EP, en las Shetland del Sur y EPS en cercanías de Pta. Cierva, nidificando y defendiendo territorios de alimentación, por lo tanto no es arriesgado pensar que no son fuentes de alimento disponibles para los escúas de Pla. Potter y Pta. Cierva.

Petrel de las Tormentas

Pueden alimentarse de adultos de petrel de las tormentas, aunque no existe certeza si lo hace en el mar o en tierra (Phillips *et al.* 1997, Bearhop *et al.* 2001). En Pla. Potter la colonia fue estimada en 2000 parejas para el año 1995-96 (Hahn y Quillfeldt 1998) y en Pta. Cierva en 10.000 individuos (Favero *et al.* 2000, González-Zevallos *et al.* 2013). Se reproducen en cavidades entre rocas y ponen un solo huevo (Quillfeldt 2001). El pico de eclosión es variable, en general ocurre a mediados de febrero (Quillfeldt y Peter 2000). Durante el día, ambos padres dejan sin atención a los pichones para buscar alimento en el mar. El emplume de los pichones comienza a mediados de marzo (Quillfeldt 2002).

Petrel gigante

El tamaño de la colonia de petrel gigante, en Pla. Potter, es de aproximadamente 70 parejas. La reproducción comienza en septiembre y el inicio de la puesta ocurre en la primera semana de noviembre. Incuban un sólo huevo durante 60 días, los primeros pichones nacen a principios de enero y permanecen en el nido entre 105 y 120 días, emancipándose a fines de abril (Coria 2006). En Pta. Cierva, no hay colonias de petrel gigante.

Pingüinos pygoscelidos

En Pla. Potter, específicamente en Punta Stranger existen dos especies de pygoscelidos que se reproducen simpátricamente. La población de pingüino Adelia es de 3400 parejas y la de pingüino papúa es de 3764 parejas (Carlini *et al.* 2009). La reproducción de estas especies ocurre entre noviembre y febrero. Esta fuente de alimento que puede proveer huevos, pichones y ocasionalmente adultos muertos, está disponible sólo para algunas parejas. Particularmente en Pla. Potter entre 10 a 12 parejas de EP monopolizan la colonia (Cap. II, Fig. 4-a).

En Pta. Cierva, existe una colonia de pingüino papúa de aproximadamente 2600 parejas. Si bien no se cuenta con la cronología de esta colonia, en otras áreas se ha registrado un elevado asincronismo en esta especie (Hinke *et al.* 2012, Juárez *et al.* 2013), por lo tanto durante el periodo reproductivo de los escúas, tanto huevos como pichones son una fuente probable de alimento (Cap. II, Fig. 4-b).

Escúas

Se ha registrado predación intraespecífica en los escúas del Hemisferio Sur (Young 1963, 1994). Una causa probable de la depredación se debe a que estas especies defienden un territorio de nidificación; si los pichones se desplazan más allá de los límites de su territorio, las parejas vecinas pueden atacarlos. Asimismo, durante ausencias prolongadas de uno o ambos integrantes de la pareja, habitualmente se registran ataques a los pichones. En Pta. Cierva, los territorios son más pequeños que en Pla. Potter, debido a un mayor número de parejas de escúas que nidifican en una superficie menor, por ello, el comportamiento semi-nidífugo de los pichones aumenta la probabilidad de ser atacados por parejas vecinas.

Gaviotas y gaviotines

En Pla. Potter, fue registrada una colonia de gaviota cocinera de aproximadamente 49 parejas y un total de 200 individuos considerando juveniles y no reproductores (Silva *et al.* 1999). En los últimos años esta colonia ha desaparecido. Una fuente probable de alimento, son las colonias de gaviotín antártico estimadas entre 20 y 40 parejas durante las temporadas de estudio. En el último censo realizado en Pta. Cierva se registraron 73 parejas reproductivas de gaviota cocinera y 57 parejas gaviotín antártico (González-Zevallos *et al.* 2013).

4. Mamíferos marinos: En Pla. Potter, se encuentran tres especies de la familia Phocidae y una especie de la familia Otariidae. Entre estas, la única que reproduce en el área de estudio es el elefante marino del sur. Las hembras arriban a principios de octubre y paren alrededor de la primera quincena de ese mes. Anualmente nacen aproximadamente 400 cachorros. Es en este momento donde los escúas utilizan este recurso alimentándose de placenta o de cachorros que mueren por aplastamiento (aproximadamente un 3%, Carlini 2010). Sin embargo, se observó que

existe una jerarquía de especies. En primer lugar se alimenta el petrel gigante, luego el EP y finalmente el EPS (Coria, 2006).

Por otro lado, a fines de febrero arriban al área lobos antárticos, entre 210 y 770 individuos (Carlini A.R., com. pers.). Se han observado escúas carroñando las fecas a pesar de su bajo valor energético. También es posible que se alimente de fecas de foca de Weddell, foca cangrejera y foca leopardo. En general no exceden el número de 20 individuos por especie, por temporada.

En Pta. Cierva, se han registrado gran número de foca leopardo (más de 100 en un día), foca cangrejera y en menor número, foca de Weddell descansando en los hielos marinos y ocasionalmente lobos antárticos en la costa. Los escúas pueden alimentarse de las fecas de todas estas especies.

5. Desechos de origen antrópico asociado a la actividad de la base. Los escúas pueden carroñear y “alimentarse” de todo tipo de basura, incluyendo pastas, vegetales, cigarrillos y jabón (Reinhardt *et al.* 2000). En general, esto se registró en pocas parejas de EP que ocupan los territorios cercanos a la base en Pla. Potter. En Pta. Cierva, sólo una o dos parejas de EPS se acercan a la base para carroñear en la basura.

Tabla 1: Dieta del EPS durante la temporada reproductiva en la Península Antártica, islas Shetland del Sur y Orcadas del Sur. E: egagrófilas, R: regurgitados, LE: lavados estomacales, O: observaciones.

Especies	Método	Técnica de muestreo	Referencia
Pingüinos pygoscelidos	Predación/carroñeo?	E	1,2,3,4
Pingüino Adelia (<i>P. adeliae</i>)	Predación/carroñeo?	E, R, O	1
Pingüino papúa (<i>P. papua</i>)	Predación/carroñeo?		A
Pingüino barbijo (<i>P. antarctica</i>)	Predación/carroñeo?		A
Aves voladoras		E	3
Petrel gigante (<i>M. giganteus</i>)			A
Petrel damero (<i>D. capense</i>)	Predación	E, O	1,4
Petrel de las nieves (<i>P. nivea</i>)	¿?	E	4
Petrel de las tormentas (<i>O. oceanicus</i>)	Predación, carroñeo	E	1,2,4
Petrel de las tormentas vientre negro (<i>F. tropica</i>)	Predación	E, R	1
Cormorán antártico (<i>P. bransfieldensis</i>)	Predación	O	1
Gaviota cocinera (<i>L. dominicanus</i>)	Predación	E, O	1
Escúas (<i>Stercorarius sp.</i>)	predación	E, O	4
Gaviotín antártico (<i>S. vitatta</i>)	Predación		1
Mamíferos	carroñeo	E	3
Elefante marino del sur (<i>M. leonina</i>)			A
Foca cangrejera (<i>L. carcinophaga</i>)			A
Foca de Weddell (<i>L. weddelli</i>)			A
Foca leopardo (<i>H. leptonix</i>)			A
Lobo antártico (<i>A. gazella</i>)			A
Peces		E	3
<i>Electrona antarctica</i>	Predación	E, R, LE	1,2,4
<i>E. carlsbergi</i>	Predación	E, R	1,
<i>Pleuragramma antarcticum</i>	Predación	E, R, LE	1,2,
<i>Krefflichthys anderssoni</i>	Predación	R, LE	1,
<i>Champscephalus aceratus</i>	Predación	R, LE	1,
<i>Gymnoscopelus braueri</i>	Predación	R, LE	1,
<i>G. nicholsi</i>	Predación	R	2,4
<i>Trematomus newnesi</i>	¿?	R, LE	1,2
<i>Trematomus sp.</i>	Predación	E	2
<i>Protomyctophum normani</i>	Predación	R	1,
<i>P. choridon</i>	Predación	E	2,
<i>P. tenisoni</i>	Predación	E, R	1,2
<i>Pagetopsis sp.</i>		E	2
Invertebrados		E, R	1,2,3
Kril antártico (<i>E. superba</i>)	Predación/carroñeo	R, LE	1,3,4
<i>Themisto gaudichaudii</i>	Predación	LE	1
<i>Pontogeneia antarctica</i>	Predación	LE	1
Lapa antártica (<i>N. concinna</i>)	¿?	R	1
<i>Branchinecta sp.</i>	Predación	O	1
Moluscos sp	¿?	R	4
Otros ítems			
Restos antrópicos (base)	Carroñeo	E, R	1,3

1) Reinhardt *et al.* (2000), 2) Malzof y Quintana (2008), 3) Favero y Coria (2007), 4) Graña Grilli y Montalti (2012), A) especies presentes en las áreas de estudio.

Dado que la dieta del EPS puede variar en relación con la presencia del EP, para comprender y evaluar cómo influyen los cambios en los recursos marinos y terrestres, en las poblaciones del EPS, es necesario determinar adecuadamente la dieta, para ello se compararon dos sitios con distintos número de parejas reproductivas de EP (ANEP, BNEP).

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Analizar la composición de la dieta del escúa polar del sur en distintas etapas de la reproducción, en la Isla 25 de Mayo y en la Pta. Cierva, localidades que difieren en el número de parejas de escúa pardo que reproducen en simpatría.
- ✓ Evaluar la variación de la dieta entre temporadas y localidades.
- ✓ Analizar la distribución de tallas de los peces y su variación entre temporadas y localidades.

La información obtenida en este capítulo será analizada en conjunto con el comportamiento de alimentación (Cap. V) y los parámetros reproductivos de las poblaciones (Cap. VI). La información de las especies de peces y sus tallas serán utilizadas para estimar las áreas de alimentación en el mar (Cap. VI).

3.3 MATERIALES Y MÉTODOS

En ambas localidades se analizó la composición de la dieta del EPS, en distintas etapas de la reproducción: incubación (INC), cuidados parentales (CP) y parejas no reproductivas (NR) definidas aquí, como aquellas aves que perdieron la nidada, pero que continúan ocupando y defendiendo el territorio de reproducción. Se utilizaron métodos con manipulación (lavados estomacales y regurgitados de pichones) y métodos sin manipulación (colecta de egagrópilas y de restos hallados en los nidos).

Los datos se colectaron durante 4 temporadas en Pla. Potter (2003-04, 2005-06, 2006-07, 2007-08) y 4 en Pta. Cierva (2004-05, 2005-06, 2006-07, 2007-08). Desafortunadamente, las muestras de dieta de la temporada 2006-07 se perdieron durante el incendio del rompehielos ARA Almirante Irizar (Q-5).

3.3.1 Metodología de muestreo

a) Recolección de egagrópilas: Dadas las características climáticas en Antártida, las egagrópilas pueden conservarse por varios años, por este motivo, al inicio de cada temporada, se recolectaron y descartaron todas aquellas halladas en las inmediaciones de los nidos. Posteriormente se recolectaron las egagrópilas presentes con una frecuencia de 4 días, coincidiendo con la toma de datos reproductivos. En cada visita sólo se colectaron aquellas en las que fue factible determinar que correspondían a los períodos de INC, CP y NR, el resto fue descartado.

b) Lavados estomacales de adultos reproductores: se realizaron en individuos reproductores en el periodo de CP, cuando retornaban al nido desde las áreas de alimentación. Se aplicó la metodología de Wilson (1984) que consiste en introducir una sonda de látex en el esófago y bombear agua, preferiblemente salada y tibia. Posteriormente con el ejemplar invertido, se realiza un masaje en el estómago y se colecta el contenido. Este procedimiento se repite en dos oportunidades para corroborar el completo vaciado del estómago.

c) Alimento hallado en las inmediaciones de los nidos (alimento acarreado): difieren de las egagrópilas en que no son un producto de desecho, sino que es alimento transportado hasta el nido (por un adulto de la pareja), para alimentar a los pichones y/o pareja. En ocasiones es posible hallar presas enteras.

d) Regurgitados de pichones: Los pichones pueden regurgitar espontáneamente en situaciones de estrés o pueden ser fácilmente estimulados para hacerlo (Barret *et al.* 2007). La muestra se obtiene invirtiendo al pichón, con el pico abierto y masajeando la garganta y el vientre suavemente. Se tomaron muestras de pichones de más de 2 días de edad, cuando ya regulan la temperatura corporal (Spellerberg 1969). Como máximo se tomaron 2 muestras por pichón, separadas por un mínimo de 16 días.

3.3.2 Procesamiento de las muestras

a) Egagrópilas

Las muestras fueron secadas hasta peso constante a 60°C. Se separaron los distintos ítems alimentarios usando microscopio estereoscópico binocular.

b) Lavados estomacales de adultos, restos hallados en los nidos y regurgitados de pichones

Las muestras fueron conservadas en frío (-14 a -20 °C). En el laboratorio las presas fueron separadas con ayuda de una lupa binocular (x 20) y pesadas en húmedo (precisión de 0,1 gr).

c) Identificación y cuantificación de especies

Las presas fueron identificadas hasta el menor nivel taxonómico posible. Los peces fueron determinados a partir de la identificación de otolitos, usando descripciones e ilustraciones (North *et al.* 1984, Hecht 1987, Williams y McEldowney 1990, Reid 1996) y material de referencia del Instituto Antártico Argentino. Los otolitos rotos, los que presentaron un alto grado de erosión y los no reconocidos son tratados en conjunto como “no identificados”. El largo estándar de los peces (LS) fue calculado a partir de los otolitos utilizando las ecuaciones de Hubold yTomo (1989) y Hecht (1987) (Apéndice 1). Las especies de aves depredadas fueron identificadas a partir de características morfológicas y coloración del plumaje, cuando no fue posible se clasificaron en

categorías más amplias (i.e pingüinos). Kril y anfípodos fueron reconocidos por los restos de exoesqueleto; gasterópodos por las valvas y cefalópodos por los picos.

La cuantificación se realizó utilizando la regla del número mínimo: anfípodos y eupháusidos, se contaron los pares de ojos; cefalópodos, se separaron los picos superiores de los inferiores, considerando el valor mayor, como el número de ejemplares representados en la muestra. En el caso de los peces, los otolitos de cada especie fueron separados en derechos e izquierdos, el valor mayor fue considerado como el número de ejemplares presentes en la muestra (Brown y Ewings 1996). En general, la presencia de restos óseos, fue cuantificada como de un único individuo a menos que se pudieran identificar diferencias. En el caso de las aves se tomó el mismo criterio ante la presencia de plumas. En el caso de encontrar una sola pluma se consideró como traza debido a su probable ingesta accidental, mientras que la presencia de al menos un otolito fue considerado como presencia.

3.3.3 Índices utilizados

a) Frecuencia de ocurrencia (FO%): Es la proporción de muestras en la que un taxón particular está presente. Fue calculada a partir de la siguiente fórmula:

$$FO\% = (fi/N)*100$$

fi: número de muestras con un ítem determinado

N: número total de muestras

La FO% es un índice apropiado cuando se registran pocas presas de tamaño similar o cuando las muestras están muy digeridas. No obstante, este índice tiende a sobreestimar las presas que persisten por más tiempo en el estómago o que están presentes en bajo número.

b) Frecuencia relativa (FR%): Fue estimada como el número de veces que un ítem alimenticio i fue hallado (fi) como un porcentaje del total de los ítems hallados (Rfi).

$$FR\% = (fi/Rfi)*100$$

La FR%, es un mejor indicador de la frecuencia en que un ítem es consumido, ya que tiene en cuenta todos los ítems hallados en las muestras (De Villa Meza *et al.* 2002).

c) Importancia en peso porcentual (P%): Es la proporción del peso de cada especie en relación con el peso total de todas las muestras, expresada en porcentaje. Fue calculado a partir de la fórmula:

$$P\% = (Pi/\sum Pt)*100$$

Pi= peso total de un ítem presa

Pt= peso total del conjunto de muestras

Este método es adecuado cuando las presas varían mucho en tamaño, para evitar que las pequeñas pero numerosas resulten desproporcionalmente importantes como podría resultar si se los considera sólo por su presencia. Por el otro lado, este método es sensible a presas muy grandes y escasas, como así también si en las muestras hay mucho material no digerible y sin importancia nutricional.

La FO% y FR% fueron calculadas para todos los métodos utilizados (a excepción de los restos hallados en los nidos, Ver sección 3.4.3) para todos los años y localidades. El P% fue calculado para los lavados estomacales de adultos y regurgitados de pichones.

3.3.4 Análisis estadístico

Dada la baja frecuencia registrada para algunos ítems (mamíferos, kril, otros crustáceos y moluscos) hallados en la dieta del EPS, para los análisis de comparación se definieron dos grupos relacionados con el origen de las presas. De esta manera se determinaron dos fuentes de recursos que se corresponden con dos estrategias de alimentación diferentes: (i) *en tierra*: comprende pingüinos, aves voladoras y mamíferos y (ii) *en el mar*: comprende peces, kril, otros crustáceos y moluscos. En el caso del kril, si bien pudo obtenerse por carroñeo en la pingüinera, en este análisis será incluido como una presa obtenida en el mar, esta situación haría que el recurso marino pueda estar sobrestimado. Por otro lado, en el caso del petrel de las tormentas, algunos autores consideran que los escúas los predan en el mar y otros en inmediaciones de las colonias (Phillips *et al.* 1997, Bearhop *et al.* 2001). A modo de simplificación se consideró que formaba parte de la predación en tierra, en consecuencia este ítem podría estar subestimado como presa obtenida en el mar. Para este análisis no se tuvieron en cuenta los ítems no alimenticios, musgos y piedras, hallados en las muestras.

Las diferencias entre períodos reproductivos (IN, CP, NR) fueron analizadas a partir de la prueba de partición del X^2 . Diferencias en la proporción de ítems fueron analizadas mediante X^2 o Test de Fisher, según corresponda. Para la comparación de las frecuencias relativas de los ítems presa consumidos, entre años y localidades se utilizó un test de Mantel-Haenszel-Cochran (MHC) que analiza las asociaciones de dos variables binarias (V1= en mar /en tierra V2= Pta. Cierva/Pla. Potter) en presencia de una tercera variable categórica (V3= año 2005-06, año 2007-08). Sólo se utilizaron los años donde se recolectaron datos en ambas localidades. Las diferencias en el P% de los lavados estomacales de adultos y los regurgitados de pichones fueron analizados con modelos lineales generalizados (GLM), luego de transformar los datos logarítmicamente. Las diferencias en las tallas media de peces fueron evaluadas mediante un GLM o Kruskal-Wallis, cuando no cumplían el criterio de normalidad y homogeneidad de varianzas.

En todos los casos los valores se presentan como el promedio \pm desvío estándar (de) salvo que se indique lo contrario. Los resultados se consideraron significativamente diferentes a un nivel de probabilidad de $P < 0,05$. Los datos fueron analizados con el paquete estadístico Minitab 16 (<http://www.minitab.com/>) a excepción de la prueba de partición del X^2 que fue realizado con el programa estadístico desarrollado por Doncaster C. (<http://www.soton.ac.uk/~cpd/programs/index.htm>).

3.4 RESULTADOS

La dieta del EPS en ambas localidades, se caracterizó por la predominancia de pocas especies y un número alto de especies con muy baja frecuencia. Los peces hallados fueron *P. antarcticum*, *E. antarctica*, *E. carslbergi*, *Notolepis coatsi*, *T. newnesi*, *G. nicholsi*, *Lepidonotothen larseni*, *Protomyctophum bollini*, *P. normani*, *Chaenodraco rastrospinosus* y *C. wilsoni*. Las aves incluyeron pingüinos *sp.*, petrel de las tormentas, escúas *sp.* y gaviota cocinera. Entre los crustáceos se hallaron principalmente kril antártico y en menor proporción anfípodos (*T. gaudichaudii* y *Eurythenes gryllus*). La presencia de *N. concinna* (Clase Gasterópoda) y *M. leonina* (Clase Mammalia) fueron registrados en muy pocas oportunidades. En las Tablas 2 y 3, se incluye la lista completa de las especies determinadas en la dieta del EPS. En adelante, para la denominación de los ítems presa se utilizarán las siguientes abreviaturas, pingüinos (PG), aves voladoras (AV), peces (PC), kril (KR), otros crustáceos (OC), moluscos (ML) y mamíferos (MM).

Tabla 2. Lista completa de las presas halladas en la dieta del EPS en Pla. Potter. LV: lavados estomacales, RP: regurgitado pichones, EG: egagrópilas, RN: restos hallados en los nidos. INC: incubación; CP: cuidados parentales, NR: parejas no reproductivas. En el caso de los peces, se indica el número de individuos de cada especie. En el caso de invertebrados, aves y mamíferos corresponde al número de veces hallados en el total de las muestras.

Temporada	Período		Especie	LV	RP	EG	RN
2003-04	INC	Invertebrados	<i>T. gaudichaudii</i>			1	
		Peces	<i>P. antarcticum</i>			1	
		Aves	<i>Pygoscelis sp.</i>			15	
	CP	Invertebrados	<i>N. concinna</i>			1	
			<i>E. gryllus</i>		3		
			<i>E. superba</i>	2	15		2
		Peces	<i>E. antarctica</i>		9	15	
			<i>P. antarcticum</i>	4	32	10	17
			<i>E. carlsbergi</i>			2	
			<i>N. coatsi</i>			1	
			<i>P. bollini</i>		2		
			<i>Patagonotothen sp.</i>		1		
			NI		3	2	
		Aves	<i>Pygoscelis sp.</i>		4	36	1
			<i>O. oceanicus</i>			1	
		Mamíferos	<i>M. leonina</i>			1	
		Restos antrópicos				1	
2005-06	INC	Peces	<i>E. antarctica</i>			21	
			<i>P. antarcticum</i>			3	
			<i>T. newnesi</i>			1	
			NI			2	
2005-06	CP	Aves	<i>Pygoscelis sp.</i>			14	
		Invertebrados	<i>N. concinna</i>			1	
			<i>E. superba</i>	2	13	3	
			<i>E. gryllus</i>	2	1		
		Peces	<i>E. antarctica</i>	15	38	17	15
			<i>P. antarcticum</i>	10	17	3	3
			<i>G. nicholsi</i>		1	1	
			<i>C. wilsoni</i>		1		
			<i>N.coatsi</i>	1	1		1
			<i>T. newnesi</i>			1	1
			<i>Trematamus sp.</i>	1			
			NI	1		1	
		Aves	<i>Pygoscelis sp.</i>	2	5	17	
			<i>Stercorarius sp.</i>			2	
			<i>charadriiformes</i>			2	
			<i>L. dominicanus</i>			1	
2007-08	CP	Invertebrados	<i>E. superba</i>		7	1	
			<i>P. glacialis?</i>			1	
			<i>gamaridae</i>		3		
		Peces	<i>E. antarctica</i>		7	4	
			<i>P. antarcticum</i>			1	
		Aves	<i>Pygoscelis sp</i>			9	
			<i>O. oceanicus</i>			1	
			NI		1		
Total				40	164	194	40

Tabla 3. Presas halladas en la dieta del EPS en Pta. Cierva. LV: lavados estomacales, RP: regurgitado pichones, EG: egagrópillas. INC: incubación; CP: cuidados parentales, NR: parejas no reproductivas. En el caso de los peces, se indica el número de individuos de cada especie. En el caso de invertebrados, aves y mamíferos corresponde al número de veces hallados en el total de las muestras.

Temporada	Período		Especie	LV	RP	EG
2004-05	INC	Peces	<i>E. antarctica</i>			104
			<i>P. antarcticum</i>			77
			<i>G. nicholsi</i>			2
			<i>P. bollini</i>			3
			<i>L. larseni</i>			1
			<i>T. newnesi</i>			2
			NI			9
		Aves	<i>Pygoscelis sp.</i>			8
			<i>S. maccormicki</i>			8
			<i>O. oceanicus</i>			1
2004-05	CP	Invertebrados	<i>E. superba</i>	5	29	5
			<i>N.concinna</i>			1
			crustáceos (NI)			2
			cefalópodos (NI)			1
		Peces	<i>E. antarctica</i>	24	23	87
			<i>P. antarcticum</i>	67	92	49
			<i>P. bollini</i>			1
			<i>G. nicholsi</i>	2		
			<i>C. rastrorpinosus</i>	1		
			<i>P. normani</i>	1		
			NI	5	10*	7
		Aves	<i>Pygoscelis sp.</i>	2	3	23
			<i>S. maccormicki</i>	2	2	7
			<i>O. oceanicus</i>		1	12
			NI			4
2004-05	NR	Invertebrados	cefalópodos (NI)			2
		Peces	<i>E. antarctica</i>			20
			<i>P. antarcticum</i>			20
			<i>T. newnesi</i>			1
		Aves	<i>Pygoscelis sp.</i>			52
			<i>S. maccormicki</i>			5
			<i>O. oceanicus</i>			40
		Mamíferos	NI			1

*Estadios larvales

Tabla 3 (cont). Presas halladas en la dieta del EPS en Pta. Cierva en las temporadas 2005-6 y 2007-08. LV: lavados estomacales, RP: regurgitado pichones, EG: egagrópilas, INC: incubación; CP: cuidados parentales, NR: parejas no reproductivas. En el caso de los peces, se indica el número de individuos de cada especie. En el caso de invertebrados, aves y mamíferos corresponde al número de veces hallados en el total de las muestras.

Temporada	Período		Especie	LV	RP	EG		
2005-06	INC	Peces	<i>E. antarctica</i>			132		
			<i>P. antarcticum</i>			116		
			<i>gimnoscopelus sp.</i>			1		
			NI			9		
		Aves	<i>Pygoscelis sp.</i>			9		
			<i>O. oceanicus</i>			8		
			<i>L. dominicanus</i>			3		
			<i>S. maccormicki</i>			1		
			NI			1		
						1		
2005-06	CP	Invertebrados	<i>E. superba</i>		3	6		
		Peces	<i>E. antarctica</i>		11	3		
			<i>P. antarcticum</i>		17	40		
			<i>Gymnoscopelus sp.</i>			1		
			NI		3	3		
		Aves	<i>S. maccormicki</i>		1	1		
			<i>O. oceanicus</i>		1			
2007-08	INC	Peces	<i>E. antarctica</i>			4		
			<i>P. antarcticum</i>			16		
			NI			1		
		Aves	<i>O. oceanicus</i>			1		
		2007-08	CP	Invertebrados	<i>E. superba</i>	1	13	
					<i>gamaridae</i>	1		
				Peces	<i>E. antarctica</i>	6	6	2
					<i>P. antarcticum</i>	10	44	10
NI					1	2		
Aves	<i>P. papua/antarctica</i>			2	3	3		
	<i>O. oceanicus</i>					1		
	<i>S. maccormicki</i>			1				
	<i>Stercorarius o Larus</i>			1				
2007-08	NR	Restos antrópicos			1			
		Peces	peces			4		
		Aves	<i>P. papua/antarctica</i>			1		
			<i>S. maccormicki</i>			1		
Total				129	264	937		

3.4.1. Egagrópilas (dieta adultos)

a) Composición general de la dieta

En Pla. Potter, para todas las temporadas y períodos reproductivos, los pingüinos fueron siempre el ítem más importante en la dieta del EPS (FO%= 62,93-100%) seguidos por los peces (FO%= 12,5-64%) (Fig. 7 a-c). El resto de las presas sólo estuvo presente entre el 2,7-11,1%, a excepción de aves voladoras (18,51%) (Fig. 7-b). En cambio, en Pta. Cierva, los peces registraron la mayor FO% (59 -98 %) y en segundo lugar, las aves voladoras (FO%= 5-28%) y pingüinos (FO%= 0,0-33%) (Fig. 7 d-f). Para todas las temporadas y períodos reproductivos, la FR% fue similar a la FO% para Pta. Cierva, mientras que en Pla. Potter, la FR% de pingüinos y peces fue

menor que la FO% (Tabla 4). Esta diferencia entre la FO% y FR% en ambas localidades se debe a que en numerosas oportunidades las egagrópilas en Pla. Potter contienen ambos ítems (restos de pingüinos y peces).

b) Variación entre períodos reproductivos en la composición relativa de la dieta

En todos los casos, el número de presas fue menor durante la INC (1 a 3 ítems) que durante los CP (5-6 ítems), donde se encuentran además de peces y pingüinos, otros ítems como otras aves (restos de pichón de escúa y gaviota cocinera), kril, otros crustáceos y moluscos (Tabla 4).

En Pla. Potter, se compararon las temporadas 2003-04 y 2005-06. No se encontraron diferencias significativas entre los recursos marinos o terrestres utilizados por los adultos durante la INC y CP ($X^2_1 = 0,266$ $P = 0,606$; $X^2_1 = 0,052$ $P = 0,819$ respectivamente). En Pta. Cierva, para la temporada 2004-05, se comprobó que la razón de recursos marinos y terrestres depende del período reproductivo ($X^2_1 = 59,040$; $P < 0,05$). Se registraron diferencias significativas entre INC y CP ($X^2_1 = 5,695$; $P = 0,02$) y entre los períodos reproductivos (INC-CP) respecto del NR ($X^2_1 = 53,350$; $P < 0,0001$). Durante los CP, aumenta el consumo de pingüinos y aves voladoras y en el NR, la proporción es casi 1:1. Para la temporada 2005-06, existieron diferencias significativas en la proporción de ítems consumidos entre I y CP ($X^2_1 = 5,893$; $P = 0,015$). Durante los CP aumentó el consumo de los recursos marinos respecto de la INC. Para la temporada 2007-08, no se pudo realizar un X^2 y su posterior partición dado que un 50% de los valores esperados estaba por debajo de 5, por este motivo se compararon los períodos a partir del test de Fisher y en este año no se encontraron diferencias significativas entre períodos, probablemente debido al bajo número de muestras.

Tabla 4: Porcentajes de Frecuencia de Ocurrencia y Frecuencia Relativa de los ítems hallados en las egagrópilas en ambas localidades, durante los períodos de Incubación, Cuidados Parentales y No Reproductivos.

	2003/04		2004/05		2005/06				2007/08			
	Pla. Potter		Pta. Cierva		Pla. Potter		Pta. Cierva		Pla. Potter		Pta. Cierva	
	FO (%)	FR (%)	FO (%)	FR (%)	FO (%)	FR (%)	FO (%)	FR (%)	FO (%)	FR (%)	FO (%)	FR (%)
INCUBACION												
Pingüinos	93,75	83,33	5,30	5,84	100,00	60,87	5,36	5,42				
Otras aves			5,96	6,57			7,74	7,83			4,76	4,76
Peces	12,50	11,11	79,47	87,59	64,28	39,13	84,52	85,54			95,24	95,24
Otros crustáceos	6,25	5,56										
Algas							1,19	1,20				
Musgos			94,70				96,43				100,00	
N	16		151		14		168				21	
CUIDADOS PARENTALES												
Pingüinos	97,30	73,47	12,43	12,30	62,96	43,59			90,00	60,00	13,04	11,11
Otras aves	2,70	2,04	12,43	12,30	18,51	12,82	2,04	1,82	10,00	6,67	13,04	11,11
Peces	27,03	20,41	70,27	69,52	44,44	30,77	97,96	87,27	30,00	20,00	91,30	77,78
Kril			2,70	2,67	11,11	7,69	12,24	10,91	10,00	6,67		
Otros crustáceos			1,80	1,07								
Mamíferos	2,70	2,04										
Moluscos	2,70	2,04	1,80	1,07	3,70	2,56			10,00	6,67		
Algas			1,80	1,07	3,70	2,56						
Musgos	8,11	6,12	82,70		3,70		87,76	78,18			86,96	
N	37		185		27		43		10		23	
NO REPRODUCTIVOS												
Pingüinos			32,50	26,67							16,67	16,67
Otras aves			28,13	23,08							16,67	16,67
Peces			59,38	48,72							66,67	66,67
Mamíferos			0,63	0,51								
Moluscos			1,25	1,03								
Musgos			49,38								83,33	
N			496								6	

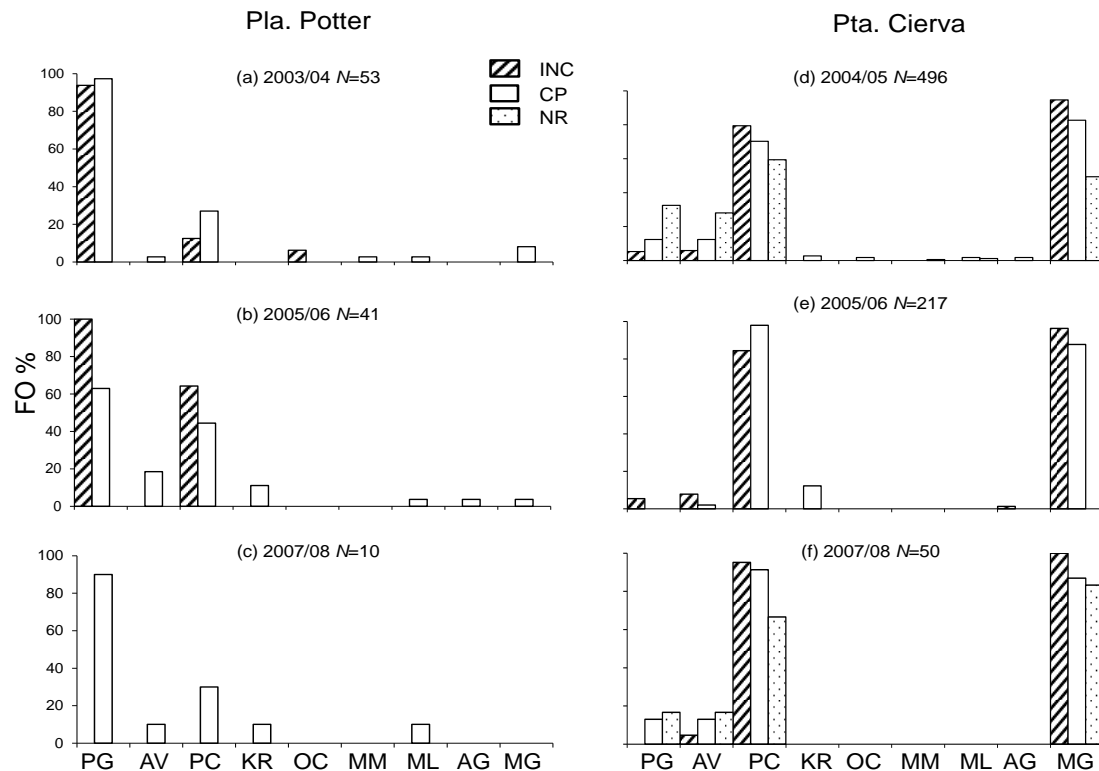


Figura 7. Porcentaje de Frecuencia de Ocurrencia (FO%) de los ítems hallados en egagrópilas. Las barras representan el período reproductivo: Rayado INC, Liso: CP, Punteado: NR. PG: pingüinos, AV: aves voladoras, PC: peces, KR: kril, OC: otros crustáceos, MM: mamíferos, ML: moluscos, AG: algas, MG: musgos.

c) Variación interanual y geográfica en la composición relativa de la dieta

Para determinar si las diferencias en la proporción del uso de recursos marinos y terrestres depende de la localidad y el año se realizó un test de Mantel- Haenszel- Cochran (MHC). Se compararon las temporadas 2005-06 y 2007-08 donde se recolectaron muestras en ambas localidades (Tabla 5). Mediante el análisis de las egagrópilas se determinó que el EPS explota el recurso terrestre, alimentándose principalmente pingüinos en Pla. Potter, mientras que en Pta. Cierva lo hace a partir del recurso marino, consumiendo peces en mayor proporción (MHC= 79,780; $P < 0,001$). Se observaron diferencias significativas en los ítems presa consumidos entre localidades pero no entre temporadas (Pearson $X^2_1 = 93,406$; $P < 0,001$; Pearson $X^2_1 = 26,033$; $P < 0,001$ respectivamente).

Tabla 5. Frecuencias absolutas de los ítems terrestres y marinos hallados en egagrópilas por localidad y por año.

Alimento	2005-06			2007-08		
	Pla. Potter	Pta. Cierva	Todos	Pla. Potter	Pta. Cierva	Todos
Terrestre	36	23	59	10	7	17
Marino	25	196	221	5	41	46
Todos	61	219	280	15	48	63

3.4.2 Lavado estomacal de adultos

a) Composición general de la dieta

Los lavados estomacales se realizaron durante cuatro temporadas, dos en Pla. Potter (2003-04 y 2005-06) y dos en Pta. Cierva (2004-05 y 2007-08). En la Tabla 6 se indican el peso promedio, desvío estándar, rango y tamaño de la muestra.

Tabla 6. Estadística descriptiva de los lavados estomacales de adultos, en ambas localidades. N: número de muestras, media \pm de: desvío estándar.

	Pla. Potter			Pta. Cierva		
	N	Peso (gr)	Rango (gr)	N	Peso \pm de (gr)	Rango (gr)
2003-04	4	32,05 \pm 28,28	13,4 -74,1			
2004-05				23	30,31 \pm 21,35	4,23-79,37
2005-06	6	51,64 \pm 23,68	36,49-95,21			
2007-08				13	25,49 \pm 16,59	1,05-57,8

En Pla. Potter durante la temporada 2003-04 se realizaron 9 lavados, de los que sólo tres fueron positivos. Es decir la efectividad del muestreo fue de 33,3%. Adicionalmente se recolectó un regurgitado producto de la manipulación de un individuo al ser anillado y las muestras se analizaron en conjunto. Durante la temporada 2005-06 se recolectaron 6 regurgitados de adultos cuando fueron capturados para anillarlos. En Pta. Cierva, durante la temporada 2004-05, se obtuvieron 23 muestras de adultos reproductores, si bien se realizaron 34 lavados (efectividad del muestreo= 67,64%). Durante la temporada 2007-08, se realizaron 4 lavados, tres de ellos fueron negativos y en uno se obtuvo sólo 1 gr, en un individuo que previamente había regurgitado. Por estos motivos se suspendieron los lavados y las 13 muestras correspondieron a regurgitados espontáneos.

En ambas localidades y en todas las temporadas, los peces fueron el ítem más importante en FO% (82-100%), FR% (45-70%) y P% (70-98%). Se registraron pingüinos en 3 de las 4 temporadas. La FO% de los pingüinos varió entre 8 y 33%, la FR% entre 7 y 18% y el

P% entre 14 y 27%. El kril fue un ítem presente en todas las temporadas (FO % = 8-50%, FR% = 6-33%) pero siempre con un P% bajo (0,26-5,15%). Para el resto de los ítems, la presencia fue variable entre temporadas (Tabla 7 y Fig. 8).

Tabla 7. Porcentaje de Frecuencia de ocurrencia (FO%), de frecuencia relativa (FR%) y del peso (P%) de los ítems presa hallados en los lavados estomacales de adultos reproductores por temporadas y localidades.

2003-04				2004-05			2005-06			2007-08		
Pla. Potter (N=4)				Pta. Cierva (N=23)			Pla. Potter (N=6)			Pta. Cierva (N=13)		
	FO%	FR%	P%	FO%	FR%	P%	FO%	FR%	P%	FO%	FR%	P%
PG				8,70	7,14	14,37	33,33	18,18	14,60	15,38	12,50	27,22
AV				8,70	7,14	7,29						
PC	100,00	66,67	98,52	82,61	67,86	73,15	83,33	45,45	76,24	92,31	75,00	70,60
KR	50	33,33	1,89	21,74	17,86	5,15	33,33	18,18	0,97	7,69	6,25	0,26
OC							33,33	18,18	8,19	7,69	6,25	1,43

PG: pingüinos, AV: aves voladoras, PC: peces, KR: kril, OC: otros crustáceos.

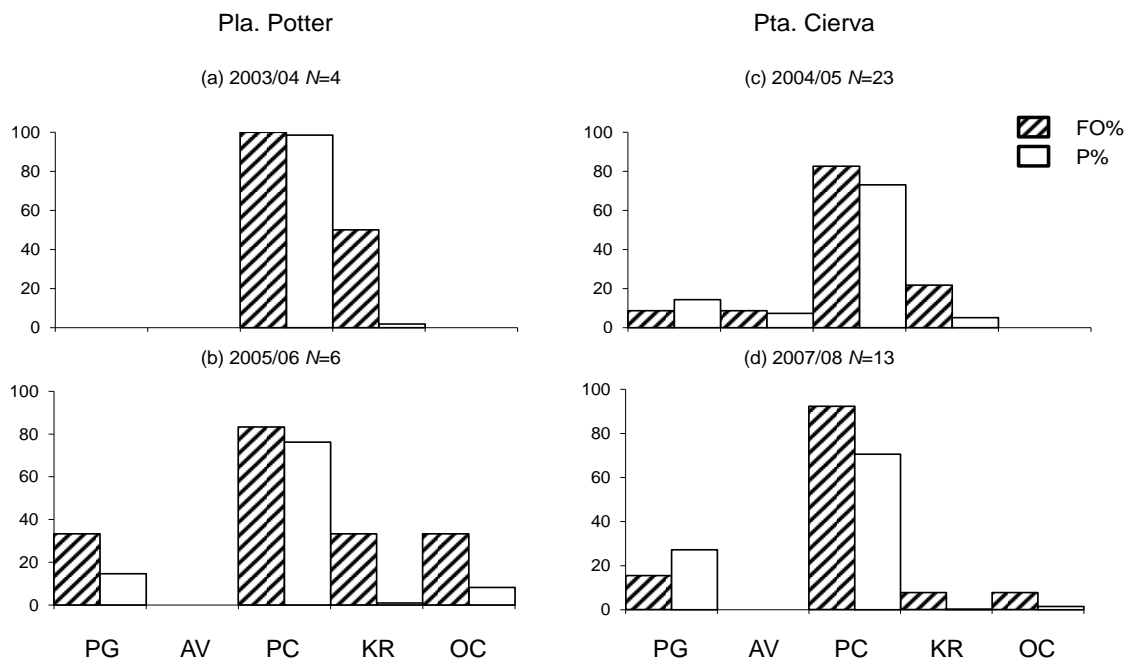


Figura 8. Porcentaje de Frecuencia de ocurrencia (FO%) y peso (P%) de los ítems presa hallados en la dieta de adultos reproductores a partir de lavados estomacales. OC= Otros crustáceos, PC=Peces, AV= Aves voladoras, PG= pingüinos

b) Variación interanual y geográfica en la composición relativa de la dieta

Al igual que en el caso de las regurgitados, al agrupar los ítems en ambas fuentes de alimentación (tierra, mar), no se registraron diferencias entre localidades ($MHC_1 = 0,01$; $P = 0,917$). En ambos sitios, los ítems alimentarios más importantes provinieron del mar.

c) Variación interanual y geográfica en el peso de la dieta

Durante la temporada 2005-06, se registró el mayor peso promedio de los contenidos estomacales mientras que el menor peso promedio se registró en 2007-08 (Tabla 7). No se registraron diferencias en el peso de los lavados de adultos entre localidades ($F_{(1,45)} = 3,32$; $P = 0,07$) ni entre años para una misma localidad (Pla. Potter: $F_{(1,8)} = 3,11$; $P = 0,116$; Pta. Cierva: $F_{(1,35)} = 0,67$; $P = 0,420$). Esto puede deberse en parte, al amplio rango observado en el peso de las muestras o a su bajo número.

3.4.3 Restos hallados en los nidos

No es frecuente encontrar restos en los nidos de los escúas y la información que aportan es pobre (Barret *et al.* 2007). Dado su carácter esporádico, sólo se describieron los restos hallados pero no fueron incluidos en los análisis. No obstante complementan la información obtenida a partir de otras metodologías.

En Pla. Potter durante la visita periódica a los nidos en la temporada 2003-04, se encontraron restos en 11 oportunidades (Fig. 9). En todos los casos, estaban compuestos por peces, en una oportunidad acompañado por 3 ejemplares de kril y en otra por plumas de pingüino. En promedio el peso de las muestras fue de 91,2 gr ($\pm 86,14$). Estos restos fueron observados en ocho nidos y en dos de ellos ocurrió en más de una ocasión, entre el 28 de enero y el 3 de febrero. Durante la temporada 2005-06, la misma temporada donde se registraron los mayores pesos en los lavados estomacales, se recolectaron 17 muestras entre el 11 y 20 de enero. El rango de los pesos fue entre 12 y 550 gr. Se considera que estos restos no representan un único viaje de alimentación, dado que en promedio el peso corporal del EPS es de 1400 gr, por lo que es poco probable que pueda transportar un tercio de su peso. Asimismo, nunca se registró una muestra de lavado estomacal mayor a 100 gr.

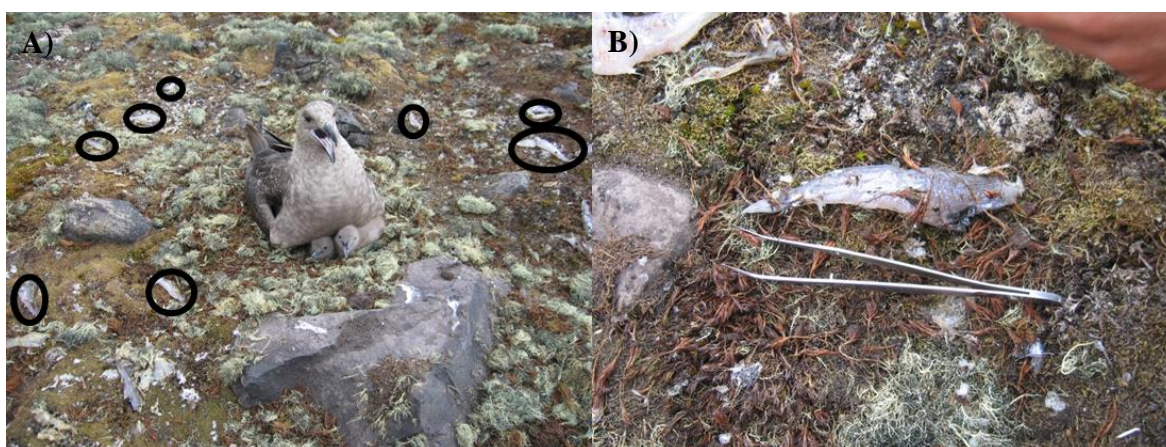


Figura 9. A) restos de peces hallados en los nidos (círculos negros). B) Detalle de los peces hallados.

3.4.4 Regurgitados de pichones

a) Composición general de la dieta

Los regurgitados de pichones se recolectaron durante 3 temporadas, en cada localidad. En la Tabla 8 se indica el peso promedio, el desvío estándar, rango y número de muestras. A diferencia de los resultados obtenidos a partir del análisis de las egagrópilas y coincidiendo con los resultados de los lavados estomacales, durante todas las temporadas y para ambas localidades, los peces constituyeron el ítem mejor representado, respecto a la FO% (84-97%), a la FR% (55-88%) y al P% (70-98%). El kril estuvo presente en ambas localidades y en todas las temporadas de estudio (FO%= 8-37%, FR%= 7-27% y P%= 1-18%). Tanto en Pla. Potter como Pta. Cierva, los pingüinos estuvieron presentes en la dieta en 2 de las 3 temporadas (FO%= 4-12%, FR%= 3-9% y P%= 1-20%). El resto de las categorías de alimentos, aves voladoras, otros crustáceos y otros ítems, registraron una presencia variable entre localidades y temporadas (Tabla 9 y Fig. 10).

Tabla 8. Estadística descriptiva de las muestras de regurgitados de pichones por temporadas y localidades. Media \pm (de) expresado en gramos (gr.)

	Pla. Potter			Pta. Cierva		
	N	Peso \pm de (gr.)	Rango (gr.)	N	Peso \pm de (gr.)	Rango (gr.)
2003-04	61	15,56 \pm 13,97	1,15-59,63			
2004-05				78	17,59 \pm 15,89	1,16 -74,78
2005-06	41	15,02 \pm 17,07	1,02-73,84	40	11,86 \pm 11,04	1,14 -51,42
2007-08	19	6,82 \pm 9,63	1-43,40	43	9,10 \pm 8,36	1,5 -41,60

N: Número de muestras; (de) desvío estándar

Tabla 9. Porcentajes de Frecuencia de Ocurrencia (FO%), Frecuencia Relativa (FR%) y peso (P%) de los ítems presa hallados en los regurgitados de pichones por temporadas y localidades

	2003-04			2004-05			2005-06			2007-08					
	Pla. Potter			Pta. Cierva			Pla. Potter			Pta. Cierva			Pla. Potter		
	(N=61)			(N=78)			(N=41)			(N=40)			(N=19)		
	FO%	FR%	FO%	FO%	FR%	FO%	FO%	FR%	FO%	FO%	FR%	FO%	FO%	FR%	P%
PG	6,5	5,1	2,8	3,9	2,8	3,3	12,2	8,9	20,4						
AV				3,9	2,8	1,7				5,0	4,7	1,1	5,3	3,5	6,7
PC	93,4	72,2	88,3	88,5	63,3	76,7	85,4	62,5	70,3	95,0	88,4	97,7	84,2	55,2	79,8
KR	24,6	19	4,9	37,2	26,6	17,7	31,7	23,2	5,3	7,5	7,0	1,1	36,8	24,1	8,5
OC	4,9	3,8	1,5				2,4	1,8	0,7				15,8	10,3	4,5
OT															
MG				6,4	4,6	1,1	4,9	3,6	0,2				10,5	6,9	0,4
													11,4	8,3	1,7

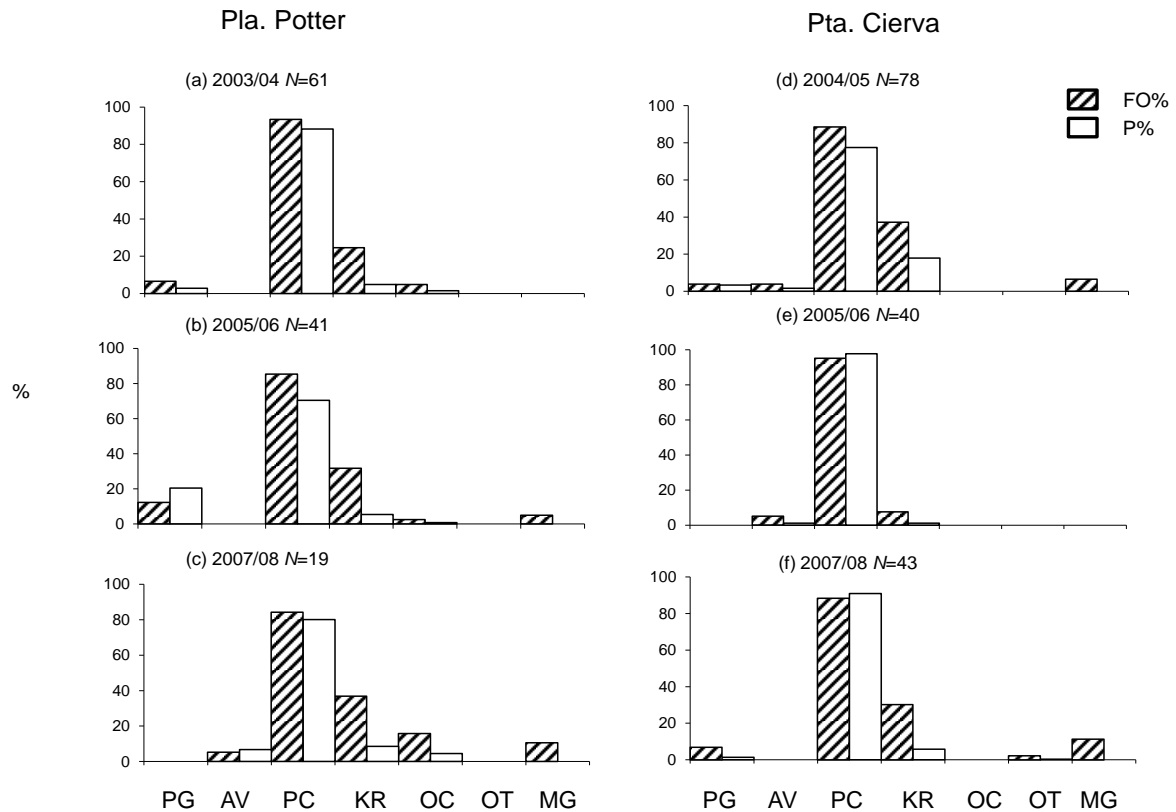


Figura 10. Porcentajes de Frecuencia de Ocurrencia y peso de los ítems alimenticios hallados en la dieta de los pichones del EPS. Nótese que para la temporada 2003-04 y 2004-05, los regurgitados fueron colectados sólo en Pla. Potter y Pta. Cierva respectivamente. Para las temporadas siguientes, el muestreo se realizó en ambas localidades.

b) Variación interanual y geográfica en la composición relativa de la dieta

La comparación entre años y localidades se realizó para las temporadas 2005-06 y 2007-08 y no se registraron diferencias significativas entre localidades en relación con la fuente de alimento. La principal fuente de alimento proviene del mar, principalmente peces ($MHC_1 = 0,029$; $P = 0,864$) (Tabla 10).

Tabla 10. Frecuencias de ocurrencia de ítems terrestres y marinos en regurgitados de pichones por temporadas y localidades.

Alimento	2005-06			2007-08		
	Pla. Potter	Pta. Cierva	Todos	Pla. Potter	Pta. Cierva	Todos
Terrestre	5	2	7	1	3	4
Marino	49	41	90	26	51	77
Todos	54	43	97	27	54	81

c) Variación interanual y geográfica en el peso de la dieta de los pichones

El rango de los pesos de las muestras fue muy amplio (Tabla 8). En este análisis sólo se consideraron los años 2005-06 y 2007-08, donde se poseen datos de ambas localidades. El peso de las muestras varió entre años ($F_{(1,143)} = 5,10$; $P = 0,026$), pero no entre localidades ($F_{(1,143)} = 1,02$; $P = 0,315$) y tampoco se registraron interacciones entre ambos factores ($F_{(1,143)} = 1,68$; $P = 0,197$). Los pesos de los regurgitados fueron menores durante el 2007-08 respecto del 2005-06.

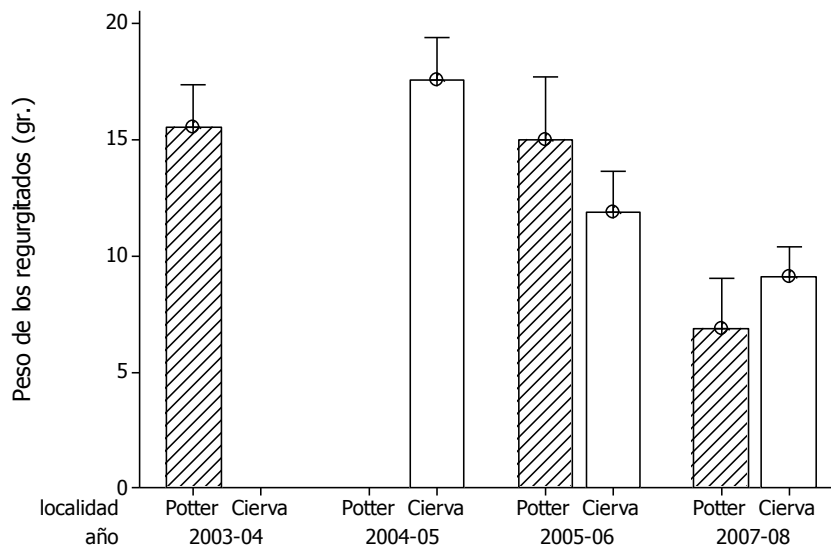


Figura 11. Peso (gr), media y error estándar (ES) de los regurgitados de pichones en Pla. Potter y Pta. Cierva.

En un análisis posterior, se compararon los pesos de los regurgitados de las tres temporadas de muestreo por cada localidad, con un GLM de un factor (temporadas) (Fig. 11). En Pla. Potter, se registraron diferencias entre temporadas ($F_{(2,120)} = 5,13$; $P = 0,007$), en particular, los pesos de los regurgitados fueron significativamente mayores en la temporada 2003-04 que la temporada 2007-08 ($T = -3,203$; $P = 0,005$). De manera similar, en Pta. Cierva se registraron diferencias en el peso de los regurgitados de los pichones entre temporadas ($F_{(2,160)} = 6,31$; $P = 0,02$), en particular entre las temporadas 2004-05 y 2007-08 ($T = -3,339$; $P = 0,0026$) (Fig. 11).

3.4.5 Dieta del escúa pardo

En Pla. Potter, la dieta del EP fue determinada en base a los regurgitados de pichones. Dado que algunas parejas de EP están asociadas a la pingüinera donde ocupan un territorio de reproducción y alimentación, en la temporada 2005-06 se recolectaron muestras de parejas asociadas (AS) y no asociadas (NA) a la pingüinera. La dieta de los pichones AS estuvo caracterizada por una mayor FO% de pingüinos (67-83%), FR% (57- 67%) y P% (42-67%) en segundo lugar por el kril (FO% = 17%, FR% = 14%; P% = 19-40%) y en tercer lugar por los

peces, particularmente en relación con el P% (FO%= 17-25%; FR%= 13-21%; P%=14-17%). En el caso de las parejas NA, los peces predominaron en la dieta tanto en FO%, FR% y P% y en segundo lugar se ubicaron los restos antrópicos (Tabla 11).

Tabla 11. Porcentaje de Frecuencia de ocurrencia (FO%), Frecuencia Relativa (FR%) y peso (P%) de los ítems presa hallados en los regurgitados de pichones de EP en Pla. Potter. AS: parejas que ocupan territorios de alimentación cercanos a la pingüinera, NA: parejas con territorios de reproducción alejados de la pingüinera. PG: pingüinos., AV: aves voladoras, PC: peces, KR: kril, OC: otros crustáceos y OT: restos antrópicos.

	2005-06						2007-08		
	AS (N = 12)			NA (N = 5)			AS (N = 12)		
	FO%	FR%	P%	FO%	FR%	P%	FO%	FR%	P%
PG	66,67	57,1	63,75	20,0	16,67	20,00	83,33	66,67	42,60
PC	25,0	21,4	16,93	80,0	66,67	48,32	16,67	13,33	14,09
KR	16,67	14,3	18,79				16,67	13,33	39,77
OC							8,33	6,67	3,35
OT	8,33	7,14	0,29	20,0	16,67	47,38	8,33	6,67	3,35

En Pta. Cierva, la presa principal de la dieta de los pichones de EP, fueron los pingüinos, determinado en base a observaciones y restos hallados en los nidos. No se colectaron muestras debido al bajo número de pichones.

3.4.6 Determinación de las especies de peces y análisis de sus tallas

Con respecto a los peces, se determinaron 1690 individuos. Las especies más frecuentes fueron *E. antarctica* y *P. antarcticum* (Tabla 2 y 3). Sólo se realizaron comparaciones de las tallas entre ellas, dado que la frecuencia de ocurrencia del resto de las especies fue menor al 10% en todos los casos y la presencia de cada una de esas especies varió entre temporadas.

a) Egagrópilas

En Pla. Potter, para las tres temporadas analizadas (2003-04, 2005-06 y 2007-08), *E. antarctica* fue la especie más abundante en la dieta tanto en INC como en CP y le sigue en importancia *P. antarcticum*, cuya máxima abundancia se registró en el 2003-04 (33%). El resto de las especies, *E. carlsbergi*, *N. coatsi*, *T. newnesi* y *G. nicholsi*, variaron entre un 3 y 7% (Fig.12).

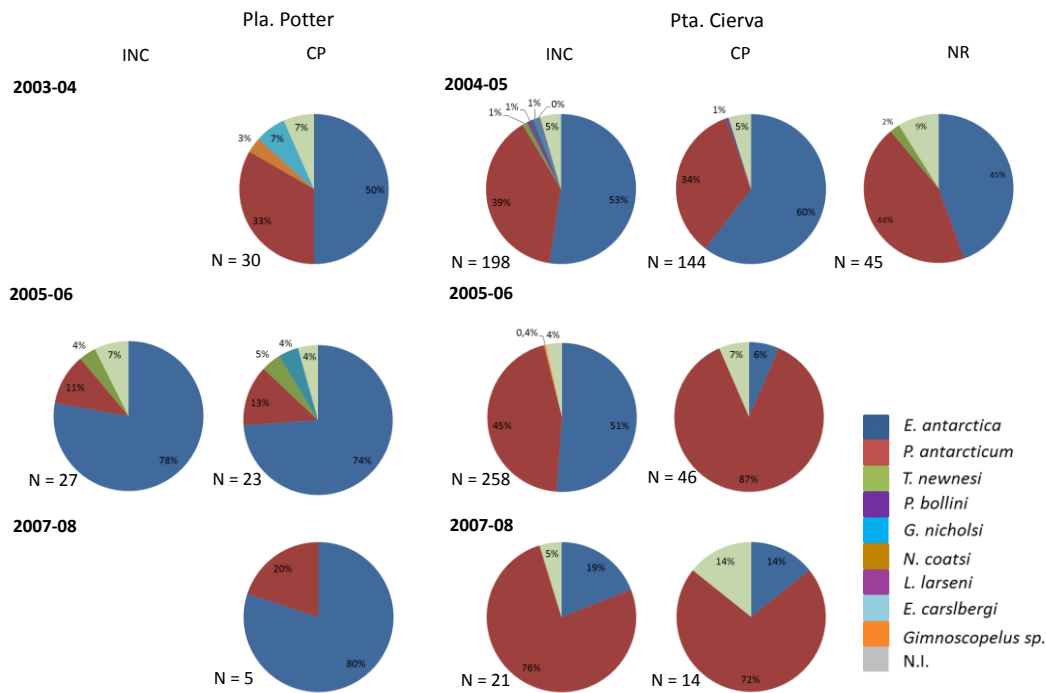


Figura 12. Especies de peces halladas en las egagrópilas del EPS, en Pla. Potter y Pta. Cierva. INC: incubación, CP: cuidados parentales, NR: parejas no reproductivas, N: número de peces.

En Pta. Cierva, la frecuencia de especies halladas fue variable entre períodos y temporadas (2003-04; 2004-05; 2006-07; Fig. 12). *E. antarctica* fue la especie predominante en la temporada 2004-05 y el segundo lugar lo ocupó *P. antarcticum*. Durante la INC, se hallaron además *P. bollini*, *T. newnesi* y *G. nicholsi* aunque en muy baja frecuencia. En la temporada 2005-06, se observó una diferencia en la especie más consumida entre INC y CP. Durante la INC se alimenta de *E. antarctica* (51%) y *P. antarcticum* (45%), mientras que durante los CP aumenta el consumo de *P. antarcticum* (85%) y disminuye el consumo de *E. antarctica* (6%). En la temporada 2007-08, en ambos períodos se alimenta principalmente de *P. antarcticum* (72-78% respectivamente).

b) Lavados estomacales y regurgitados de pichones

Las especies halladas en la dieta de los adultos y de los pichones fueron semejantes. En la dieta de los adultos durante los CP, se observa en Pla. Potter un cambio de *P. antarcticum* como única especie en la dieta durante el 2003-04, a una mayor presencia de *E. antarctica* (55%) durante el 2005-06. En la dieta de los pichones, *E. antarctica* fue la especie predominante en Pla. Potter durante el 2005-06 y 2007-08 (60-100%) y sólo durante la temporada 2003-04 la especie dominante fue *P. antarcticum* (68%).

En Pta. Cierva, *P. antarcticum* siempre fue la especie más abundante, tanto en los lavados estomacales (65-67%), como en la dieta de los pichones (54- 86 %) y la frecuencia de *E. antarctica* fue similar entre adultos (24-35%) y pichones (18-35%) (Fig. 13).

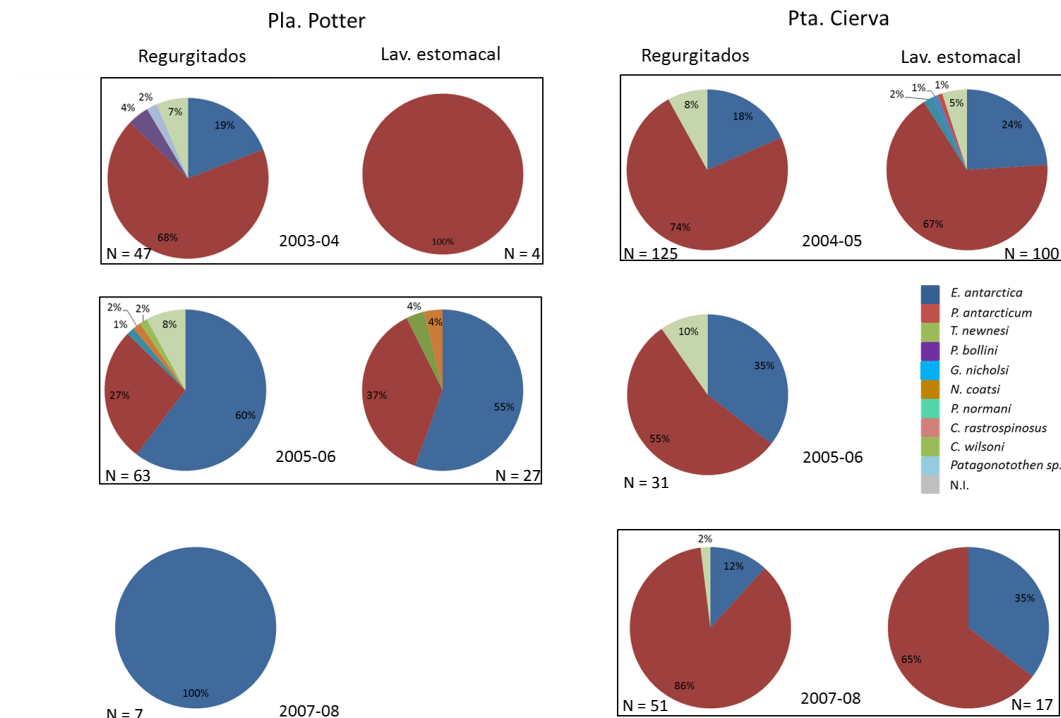


Figura 13. Especies de peces halladas en los lavados estomacales de adultos y regurgitados de pichones de EPS, en Pla. Potter y Pta. Cierva. Los recuadros indican que ambas metodologías fueron realizadas en la misma temporada. N= número de peces.

Comparación de tallas entre períodos reproductivos

En Pla. Potter, en la temporada 2005-06, no se observaron diferencias significativas en las tallas de *E. antarctica* consumidas entre INC y CP ($F_{(1,33)} = 0,42$; $P = 0,522$) (Tabla 12) ni en las tallas de *P. antarcticum* ($T = 0,93$; $P = 0,451$; $gl = 2$).

Tabla 12. Estadística descriptiva de *E. antarctica* y *P. antarcticum* en Pla. Potter, a partir de las egagrópilas analizadas. INC: Incubación, CP: Cuidados parentales.

Año	Periodo	<i>E. antarctica</i>		<i>P. antarcticum</i>		
		N	Media \pm de (mm)	Periodo	N	Media \pm de (mm)
2003-04	CP	23	66,57 \pm 10,22	CP	9	122,97 \pm 10,95
2005-06	INC	20	67,21 \pm 9,15	INC	3	113,74 \pm 15,27
	CP	15	69,12 \pm 8,36	CP	3	135,50 \pm 37,70
2007-08	CP	4	65,25 \pm 12,81	CP	1	150,26

No se registraron diferencias en las tallas consumidas de *E. antarctica* en Pta. Cierva en la temporada 2004-05 entre INC, CP y NR ($F_{(2,205)} = 0,24$; $P = 0,790$), ni tampoco entre INC y CP durante las temporadas 2005-06 ($F_{(1,128)} = 1,04$; $P = 0,311$) y 2007-08 ($H_{(1,6)} = 0,50$; $P = 0,481$) (Tabla 13).

Las tallas de *P. antarcticum*, consumidas en la temporada 2004-05 durante INC y CP fueron similares ($F_{(1,122)} = 1,5$; $P = 0,224$), mientras que durante NR fueron significativamente mayores que en los otros dos períodos reproductivos ($H_{(2,143)} = 13,83$; $P < 0,001$). Para las temporadas 2005-06 y 2007-08, no se hallaron diferencias en las tallas de *P. antarcticum* entre INC y CP ($H_{(1,144)} = 0,21$ $P = 0,644$ y $F_{(1,24)} = 2,10$; $P = 0,16$ respectivamente) (Tabla 13).

Tabla 13. Estadística descriptiva de las tallas de *E. antarctica* y *P. antarcticum*, de los análisis de egagrópilas, en Pta. Cierva. IN: Incubación, CP: Cuidados parentales, NR: no reproductivos.

Año	Periodo	<i>E. antarctica</i>		<i>P. antarcticum</i>	
		N	Media \pm de (mm)	N	Media \pm de (mm)
2004-05	INC	103	59,01 \pm 9,36	75	106,34 \pm 19,13
	CP	85	59,61 \pm 8,92	49	102,15 \pm 19,88
	NR	20	59,87 \pm 7,14	19	120,90 \pm 14,65
2005-06	IN	127	63,69 \pm 9,05	107	110,38 \pm 16,09
	CP	3	57,97 \pm 6,56	37	107,13 \pm 9,78
2007-08	IN	4	67,32 \pm 6,11	16	116,55 \pm 20,70
	CP	2	52,69 \pm 17,1	10	104,04 \pm 20,70

Tabla 14. Estadística descriptiva de las tallas de *E. antarctica* y *P. antarcticum* de los análisis de regurgitados y lavados estomacales, en Pla. Potter y Pta. Cierva.

Pla. Potter		<i>E. antarctica</i>		<i>P. antarcticum</i>	
Año	Método	N	Media \pm de (mm)	N	Media \pm de (mm)
2003-04	R	9	63,75 \pm 7,71	32	118,58 \pm 12,67
	L		Sin datos	4	87,57 \pm 7,82
2005-06	R	38	67,47 \pm 7,90	17	126,51 \pm 10,05
	L	15	62,91 \pm 9,37	10	122,23 \pm 8,94
2007-08	R	7	62,61 \pm 9,58		
Pta. Cierva					
2004-05	R	23	60,02 \pm 9,28	92	99,87 \pm 15,26
	L	24	61,41 \pm 10,04	67	97,35 \pm 16,39
2005-06	R	11	69,45 \pm 7,908	17	107,51 \pm 15,66
2007-08	R	6	60,75 \pm 5,76	44	91,91 \pm 13,79
	L	6	65,9 \pm 12,36	10	103,44 \pm 23,34

Comparación entre temporadas (variación interanual)

Con el fin de aumentar el tamaño de la muestra, para una comparación interanual más robusta, se analizaron en conjunto las tallas observadas en las muestras de regurgitados de pichones, lavados estomacales y el periodo CP de las egagrópilas (Tabla 14). Sólo se consideró CP en egagrópilas para controlar el efecto del periodo reproductivo en el análisis.

En Pla. Potter, no se hallaron diferencias significativas entre temporadas en las tallas de los ejemplares de *E. antarctica* consumidos (2003-04; 2005-06 y 2007-08; $F_{(2,99)} = 0,90$; $P = 0,419$), mientras que en Pta. Cierva las tallas fueron diferentes entre temporadas ($F_{(2,155)} = 4,86$; $P = 0,009$), en 2005-06 consumieron tallas significativamente mayores respecto de las de 2004-05 ($T = 3,10$ $P = 0,006$); pero no en 2007-08 ($T = -1,834$; $P = 0,162$) (Fig. 14).

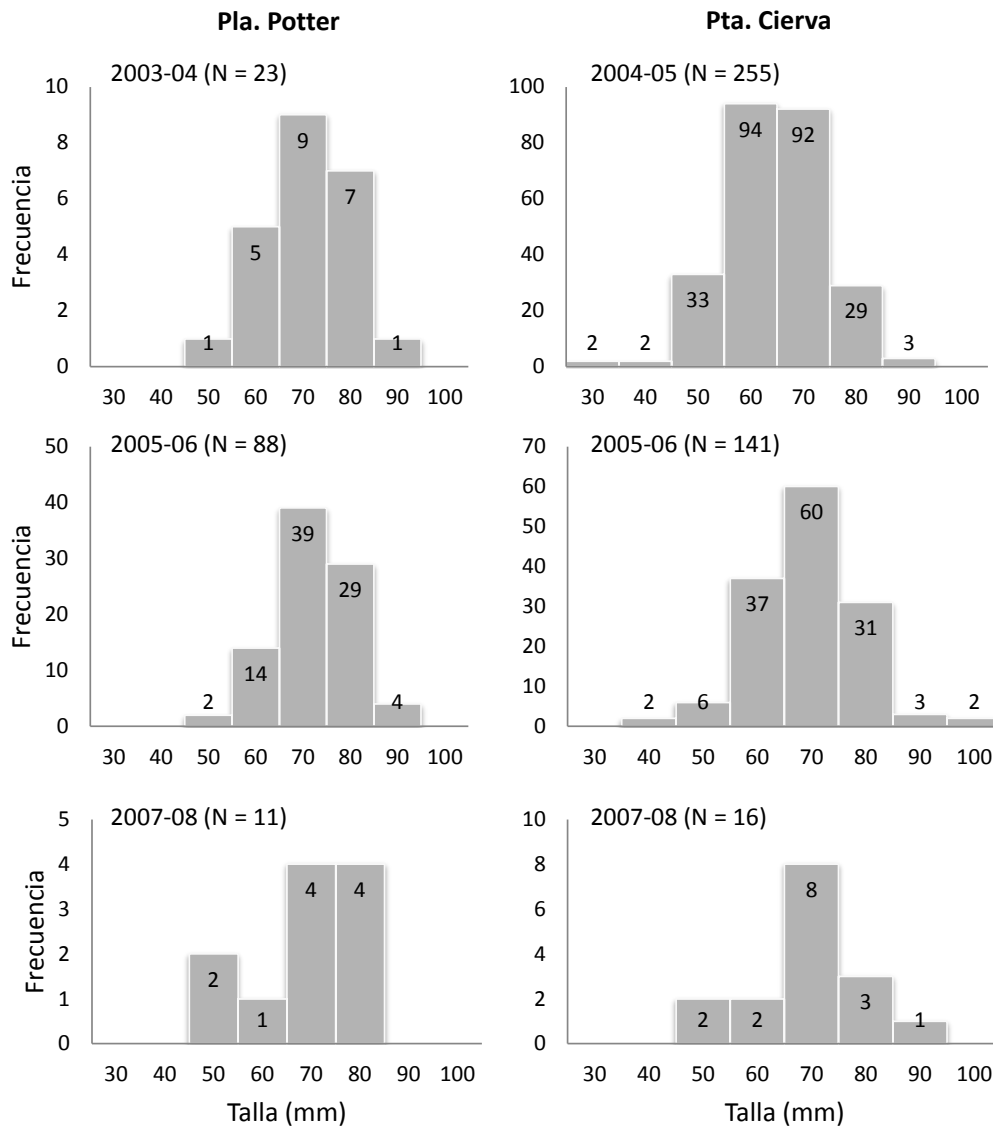


Figura 14. Tallas de *E. antarctica* por temporadas y localidades. N: número total de presas consumidas, identificadas mediante las distintas metodologías y en todos los periodos (INC, CP, NR).

En relación con las tallas de *P. antarcticum* en Pla. Potter, fueron significativamente mayores en 2005-06 que en 2003-04 ($F_{(1,62)} = 5,68$; $P = 0,02$). En Pta. Cierva se registraron diferencias entre todas las temporadas ($H_{(2,319)} = 28,98$ $P < 0,05$), durante el 2005-06 las tallas fueron mayores respecto de 2004-05 ($H_{(1,258)} = 18,47$; $P < 0,05$) y 2007-08 ($H_{(1,114)} = 27,69$; $P < 0,05$) y durante el 2004-05 mayores que en 2007-08 ($H_{(1,266)} = 4,91$; $P = 0,027$) (Fig. 15).

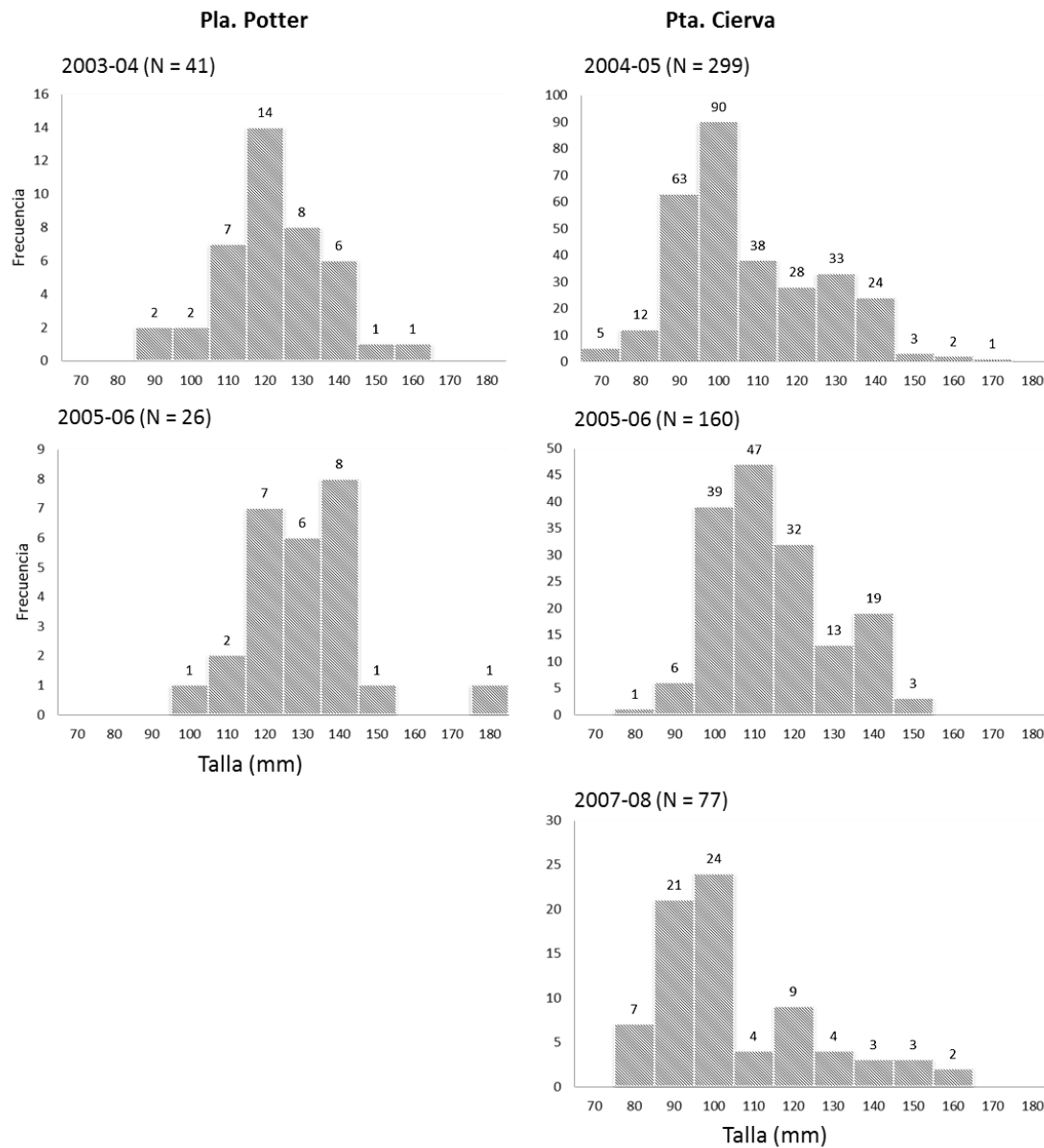


Figura 15. Tallas de *P. antarcticum* por temporadas y localidades. N: número total de presas consumidas, identificadas mediante las distintas metodologías y en todos los períodos (INC, CP, NR).

Variación geográfica

No se registraron diferencias en las tallas de *E. antarctica* entre localidades para las temporadas 2005-06 y 2007-08 (2005-06: $F_{(1, 80)} = 0,55$; $P = 0,459$) 2007-08: $F_{(1,21)} = 0,19$; $P = 0,664$). Con respecto a *P. antarcticum* sólo se comparó el 2005-06 y se observó que las tallas

consumidas en Pla. Potter fueron mayores que las consumidas en Pta. Cierva ($F_{(1,74)} = 36,52$; $P < 0,05$) (Fig. 14 y 15).

3.5 DISCUSIÓN

Esta es la primera oportunidad donde se describe y compara la dieta del escúa polar del sur durante varias temporadas, en dos poblaciones ubicadas en el oeste de la Península Antártica, que difieren en la presencia del número de parejas reproductivas de escúa pardo que reproducen en simpatría. La dieta del EPS estuvo caracterizada principalmente por dos grandes grupos, los peces y los pingüinos, en menor medida contribuyeron las aves voladoras (principalmente petrel de las tormentas) y el kril. Sin embargo, estos resultados variaron en relación con la metodología utilizada. De esta manera, si nos basamos en los resultados obtenidos a partir de las egagrópillas, se establece que en Pla. Potter, los pingüinos, constituyen el ítem más importante de la dieta, mientras que en Pta. Cierva, son los peces. Si tenemos en cuenta los resultados obtenidos a partir de los regurgitados de pichones y lavados estomacales de adultos (metodologías más directas pero más invasivas), para ambas localidades y durante todas las temporadas de estudio, los peces siempre fueron la principal fuente de alimento. Estas diferencias en los resultados a partir de las distintas metodologías utilizadas serán analizadas en detalle en el Capítulo IV.

Numerosos autores señalan que los pingüinos son una de las principales presas en la dieta de los escúas (Reinhardt *et al.* 2000). Dado sus hábitos coloniales durante la reproducción, los pingüinos representan una fuente importante, relativamente constante y previsible de alimento durante la temporada reproductiva. Trabajos previos indican que en las zonas donde el EP y el EPS se reproducen en simpatría, existe una partición del recurso alimentario, el EPS se alimenta casi exclusivamente en el mar, donde el recurso alimentario es menos predecible, mientras que el EP monopoliza el recurso terrestre (Pietz 1987; Reinhardt 1998, Reinhardt *et al.* 2000; Hahn *et al.* 2008; Montalti *et al.* 2009). En ausencia del EP (alopatría), los pingüinos constituyen un importante ítem de la dieta del EPS (Young 1994). En Pla. Potter, se observó que la dieta del EPS es básicamente piscívora, mientras que la dieta del EP, difiere entre las parejas que ocupan un territorio de alimentación en la colonia de pingüinos (EP-AS) y aquellas que no lo hacen (EP-NA). Las parejas de EP-AS tienen una dieta basada en pingüinos y kril y en menor medida peces, mientras que las parejas EP-NA, tienen una dieta más variable, con mayor presencia de peces (Tabla 11). En Pta. Cierva, los nidos de EPS, se localizan en zonas muy cercanas a una colonia de pingüino papúa. Como fue mencionado, desde el 2004-05, en la primera temporada de muestreo, se registraron dos parejas de EP predando activamente sobre los grupos reproductivos de pingüino papúa, constituidos por 2600 parejas (González-Zevallos *et al.* 2013). En base a la diferencia en el número de parejas reproductoras ($EP_{(N)} = 2$, $EPS_{(N)} =$

166) y la distribución de los nidos de pingüino papúa (Fig. 6, Cap. II), se estableció que las parejas de EPS tienen acceso a este recurso alimentario. Alrededor del 10% de los nidos de EPS se localizaron más cerca que los EP a la colonia de pingüinos. Sin embargo, en el análisis de la dieta, a partir de todas las metodologías halladas, en esta zona se registró una FO%, FR% y P% de pingüinos menor a lo señalado por otros autores. Se plantean dos potenciales explicaciones, no mutuamente excluyentes, para lo observado; por un lado la disponibilidad de peces en el área durante las temporadas estudiadas y por otro las características del pingüino papúa. En el primer caso, es posible que durante las temporadas analizadas, la abundancia de peces en el área fuese alta, facilitando la obtención del recurso por parte del EPS. Cambios en la dieta en relación con el recurso disponible es una estrategia empleada por los predadores oportunistas, como el caso de la foca leopardo en la misma área (Casaux *et al.* 2009). Si esto ocurre también en el EPS, y bajo el supuesto de que alimentarse de pingüinos constituye la primera preferencia, dado que es una fuente de alimento constante, cabría esperar una frecuencia de pingüinos mayor a la observada, al menos en alguna de las temporadas. Con respecto a las características del pingüino papúa, en Pla. Potter se ha observado que si bien dos especies de pygoscelidos anidan, el pingüino Adelia y el pingüino papúa, los registros de depredación el EP han sido mucho más frecuentes sobre el pingüino Adelia que sobre el pingüino papúa (Santos *et al.* 2007). Dado que los sitios de nidificación de ambas especies se encuentran contiguos, la preferencia por los ataques del EP hacia el pingüino Adelia puede asociarse a una menor defensa de la nidada, que facilitaría el éxito en la búsqueda y obtención del alimento. Es interesante destacar que si bien han sido reportadas las relaciones de depredación entre el EPS y el pingüino Adelia (Reinhardt *et al.* 2000), no existe información acerca de la depredación sobre el pingüino papúa (Tabla 1). De esta manera, estos factores por separado o en conjunto, pueden haber determinado la alta incidencia de peces hallados en la dieta del EPS en Pta. Cierva.

De los distintos métodos utilizados, se evaluaron las diferencias entre períodos a partir de las egagrópilas, dado que no se realizaron lavado de adultos durante la incubación para evitar un fuerte impacto en los individuos que nidificaban. A pesar de las limitaciones de esta metodología, el análisis de las egagrópilas fue útil para registrar cambios significativos entre los períodos reproductivos. Durante los cuidados parentales, aumenta el rango de ítems, además de peces y pingüinos aparecen, otros ítems como kril, otras aves (restos de pichón de escúa y gaviota cocinera), otros crustáceos y moluscos, lo cual sugiere que las diferencias halladas en el número de ítems varía en función del período reproductivo, debido a cambios en los requerimientos energéticos y/o cambios en la disponibilidad de alimento. En la gaviota cocinera se ha registrado un cambio en la dieta en función del aumento de los requerimientos energéticos; mientras que durante la incubación la principal presa es *Nacella concinna*, durante los cuidados del pichón aumenta la presencia de *P. antarcticum*, que constituye una presa de

mayor nivel energético (Fraser 1989). En este trabajo, se registró el mayor cambio en las aves no reproductivas, que presentaron una dieta más variable, posiblemente debido a que no están restringidas en el tiempo de forrajeo y la dieta puede más diversa (Ainley *et al.* 1984).

A partir de la comparación de los regurgitados de pichones entre ambas localidades y para las temporadas 2005-06 y 2007-08, se determinó que no existieron diferencias, en cuanto a la preferencia por los peces como presa principal en la dieta, que también se ve reflejado, en el análisis de la dieta de los adultos reproductores (Fig. 8 y 10). Esta similitud entre la dieta de adultos y pichones es semejante a los hallado por otros autores (Bearhop *et al.* 2001). Por otra parte, a pesar del amplio rango registrado en los pesos de los regurgitados, se halló una diferencia significativa entre años pero no entre localidades, lo que sugiere que para la temporada 2007-08, la disponibilidad de alimento en el oeste de la Península Antártica, fue menor para los escúas. Además, si bien no hubo diferencias significativas, la presencia de pingüinos en la dieta de los adultos en Pta. Cierva fue la más alta de todas las registradas en las temporadas de estudio.

Ecología de los peces presa

La dieta del EPS en ambas localidades está compuesta principalmente por 2 especies: *E. antarctica* y *P. antarcticum* y de manera ocasional por especies como *E. carlsbergi*, *G. nicholsi*, *T. newnesi*, *Patagonotothen sp.*, entre otras (Figs. 12 y 13).

Electrona antarctica es un mictófido muy abundante en las aguas mesopelágicas del océano Austral (Kozlov 1993; Greely *et al.* 1999) y es un componente importante de la biomasa de peces (Lancraft *et al.* 1989). La presencia de *E. antarctica* en el área ha sido reportada en la dieta de diferentes predadores como gaviota cocinera (Favero y Silva 1998) petrel de las tormentas (Quillfeldt 2002), pingüinos pygoscelidos (Karnovsky 1997) y lobo antártico (Daneri *et al.* 2008). *Electrona antarctica* fue, en general, la especie dominante en la dieta del EPS en Pla. Potter, coincidiendo con lo registrado para esta localidad en años previos (Reinhardt *et al.* 2000, Hahn *et al.* 2008) y para la isla Media Luna (Montalti *et al.* 2009). A diferencia de ellos donde solo se analizó un año (1994 y 1996 respectivamente), en este trabajo se estudiaron tres temporadas, y se registró variabilidad interanual; durante la temporada 2003-04 la presa principal fue *P. antarcticum* (Fig. 12 y 13).

Pleuragramma antarcticum es el único nototénido pelágico, una de las especies de peces más abundantes de los océanos antárticos (Eastman 1985) con un rol ecológico similar al que ocupa el kril antártico (Hureau 1994, La Mesa *et al.* 2004, Eastman 2005). Esta especie ha sido hallada en la dieta del EPS en distintas áreas alrededor de Antártida, como en el mar de Ross (Young 1963b; Young 1994), en la zona de Isla Anvers, oeste de la Península Antártica

(Pietz 1987) y en las islas Orcadas del Sur (Hemmings 1984) como así también en la dieta de numerosos predadores. *P. antarcticum* fue la especie dominante en la dieta del EPS en Pta. Cierva para todas las temporadas analizadas y para la temporada 2003-04 en Pla. Potter.

Electrona antarctica y *P. antarcticum* realizan migraciones diarias en la columna de agua, durante la noche se encuentran en superficie y durante el día en profundidad, posiblemente siguiendo la migración de kril que es el ítem principal en su dieta (Pusch *et al.* 2004). Teniendo en cuenta esta característica se plantea el interrogante de cómo estas especies pueden ser consumidas por los escúas que sólo se alimentan en la superficie del mar. Si la presencia de estas presas fuese ocasional en la dieta, es factible considerar que su carácter esporádico, podría deberse a carroñeo de peces muertos, sin embargo el análisis de la dieta refleja una alta frecuencia de ambas especies en todas las temporadas analizadas. Se plantearon diferentes hipótesis para explicar esta situación; algunos autores sugieren que como el EPS es un buceador superficial, realizaría los viajes de forrajeo durante la noche, en el momento en que estas especies están presentes en superficie (Hahn *et al.* 2008). Sin embargo, a partir del análisis de los viajes de alimentación (Cap. V) durante 4 temporadas en ambas localidades, se observó que el EPS es una especie que forrajea principalmente durante el día, coincidiendo con lo señalado para la isla Anvers (Pietz 1987). Otra hipótesis se relaciona con las tallas de los peces consumidos, ya que en estas especies existe segregación por edades. En este trabajo, las tallas promedio de *E. antarctica* durante las temporadas analizadas fueron cercanas a los 60 mm de LE, que corresponden a individuos de entre 2 y 3 años de edad (Greely *et al.* 1999). Estas tallas son las mismas encontradas durante la temporada 1996 en un estudio de peces (Pusch *et al.* 2004) donde la abundancia máxima de *E. antarctica* durante el día es a profundidades de entre 440-850 m. En el caso de *P. antarcticum*, en los primeros 50 m se ubican las larvas, por debajo los juveniles y los adultos a mayor profundidad, cercanos al fondo marino (Hubold 1984, Kellermann 1986, Hubold y Ekau 1987, Granata *et al.* 2002). Los adultos alcanzan la madurez sexual entre los 6 y 7 años, con aproximadamente 130 mm de LE (Ferrando *et al.* 2010, Vacchi *et al.* 2012). Las tallas halladas en este trabajo corresponden a individuos juveniles y adultos, que se distribuyen durante el día a más de 50 m. de profundidad.

Otra hipótesis posible, aunque difícil de demostrar, es que existan migraciones diarias o explosiones (del inglés Bloom) de estas especies en superficie durante el día; sin embargo esto se contrapone con los estudios de la abundancia de peces realizadas en esta y otras áreas que hallan a estas especies en profundidad durante el día (Hubold 1984, Pusch *et al.* 2004, Vacchi *et al.* 2012). Finalmente, otra posible explicación está basada en que estas especies, de gran movilidad puedan escaparse de las mallas diseñadas para muestreos generales de zooplankton (Ainley *et al.* 1992) y que por lo tanto se encuentren en superficie durante el día, en mayor número al documentado. De este modo, una pregunta interesante para responder en el futuro es

¿por qué en la dieta de un buceador superficial, que realiza viajes de alimentación diurnos, aparecen con una frecuencia mayor a la esperada, presas que por su comportamiento se encuentran durante el día en profundidad?

El escúa polar del sur: un posible bioindicador

Las interacciones tróficas en la red alimentaria están estructuradas en función de la distribución vertical del fitoplancton, del zooplancton, así como también de la movilidad de sus depredadores. Cuando todas las especies están disponibles en la superficie, los predadores superficiales seleccionan las presas de mayor valor energético (Ainley *et al.* 1992). Sin embargo, es razonable asumir que el costo puede variar si la abundancia de una presa cae considerablemente mientras que la otra aumenta (Furness 2007). Las especies que consumen plancton, como *E. antarctica* y *P. antarcticum* son altamente sensibles a las alteraciones en la estructura trófica. Incluso, se ha propuesto una posible competencia entre estas especies, las que son dominantes en los ecosistemas oceánicos y costeros respectivamente. Ambas tienen dietas similares y migraciones verticales diarias. Las mayores diferencias están relacionadas con la tasa de crecimiento y edad de la primera reproducción y en que *P. antarcticum* posee anticoagulantes que le permiten habitar zonas más frías. Se ha propuesto que con la reducción del hielo marino y el aumento de la temperatura, la competencia intra-específica puede aumentar (Cullins *et al.* 2011). Se ha registrado una menor presencia/abundancia de *P. antarcticum* en la región media de la Península Antártica (Ducklow *et al.* 2007) y dado su carácter endémico y la sensibilidad al aumento de la temperatura (Cullins *et al.* 2011), los cambios registrados en el ecosistema pueden determinar la ausencia de esta especie en el norte de la Península Antártica (Ducklow *et al.* 2007). Concordando con esta hipótesis, en este trabajo se registró una alta frecuencia de *P. antarcticum* particularmente en Pta. Cierva y una mayor presencia de *E. antarctica* en Pla. Potter. Como fue expuesto, *P. antarcticum* es una especie frecuentemente hallada en la dieta del EPS alrededor de la Antártida (Reinhardt *et al.* 2000) con excepción de las islas Shetland del Sur a partir de la década del 90 (Hahn *et al.* 2008, Montalti *et al.* 2009). Sin embargo, en la década del 80, en las islas Shetland del Sur, la ausencia de esta especie en la dieta de los escúas ha sido relacionada con la completa falla reproductiva (Trivelpiece *et al.* 1990), lo que sugiere una fuerte relación entre ambas especies. Incluso Hemmings (1984) propone que la expansión del rango de distribución del EPS podría estar condicionado por la presencia de *P. antarcticum*. Como el EPS es una especie generalista, que consume un amplio rango de presas, aunque con una mayor frecuencia de pocas especies, el análisis de la dieta en ambas localidades podría estar reflejando una menor abundancia de *P. antarcticum* en la zona de las islas Shetland del Sur.

Las especies oportunistas como el EPS, tienen el potencialidad de actuar como bio indicadores, si como en este caso consume una especie sensible al cambio climático como lo es

P. antarcticum. Como fue mencionado, las egagrópilas son un método no invasivo de fácil recolección, con ciertas limitaciones para el análisis de la dieta, pero útiles para registrar la presencia/ausencia de especies de peces clave en el ecosistema. Al mismo tiempo *E. antarctica* y *P. antarcticum*, no son objeto de las pesquerías actualmente aunque pueden ser capturadas en la pesca incidental (Pankratov y Pakhomov 1992). A partir de este trabajo se considera que la dieta del EPS puede ser un útil bio-indicador del estado de algunos de los integrantes del ecosistema, en particular *P. antarcticum*. Dado que esta especie actualmente no es objeto de interés de la pesca, cambios en su distribución y/o presencia, podrían reflejar exclusivamente alteraciones en el ecosistema producto de los cambios climáticos registrados en el oeste de la Península Antártica.

CAPÍTULO IV

COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE DIETA

“Every experiment may be said to exist only in order to give the facts
a chance of disproving the null hypothesis”

R.A. Fisher

4.1 INTRODUCCIÓN

En el Capítulo III se observaron importantes diferencias en los resultados hallados en la dieta del EPS de acuerdo con las metodologías utilizadas. En base al análisis de las egagrópilas, se determinó que los pingüinos fueron el ítem más importante en Pla. Potter, mientras que en Pta. Cierva, fueron los peces. En cambio, mediante el análisis de los regurgitados de pichones y lavados estomacales de adultos (metodologías más directas pero más invasivas), los peces fueron el ítem principal para ambas localidades y durante todos los años de estudio. Las metodologías generalmente utilizadas para analizar la dieta de los escúas en Antártida están condicionadas por factores climáticos y logísticos, mientras que las técnicas complementarias como el análisis de isotopos estables, pueden ser costosos y requieren ser corroborados con métodos directos (Inger y Bearhop 2008). En trabajos previos de análisis de dieta del EPS, generalmente, se han aplicado dos técnicas de recolección de datos; una basada en métodos sin manipulación de individuos, como las egagrópilas producidas por los adultos y los restos de alimentos en los nidos y otros métodos con manipulación, como la recolección de regurgitados de pichones (inducidos o espontáneos) y lavados estomacales de adultos.

En la actualidad, todas las metodologías, tanto las tradicionales como las complementarias, presentan limitaciones (Barret *et al.* 2007, Inger y Bearhop 2008), por ello es necesario evaluar la relación entre el esfuerzo realizado y la calidad de los datos que se obtienen. Información confiable de la dieta de aves marinas provee valiosos indicadores de los niveles de los recursos en Antártida, facilitando así políticas de manejo para las poblaciones de los depredadores y las presas (Croxall 2004).

Métodos sin manipulación vs. métodos con manipulación

Métodos sin manipulación

Las ventajas de los métodos sin manipulación radican en el menor esfuerzo y tiempo invertido en la recolección, y especialmente en el menor disturbio ocasionado en las aves.

1) Recolección de Egagrópilas: permite la obtención de un alto número de muestras a lo largo de todo el período reproductivo. Las desventajas son que se sobrestiman los restos duros, como huesos y plumas y se subestiman las especies que sólo poseen partes blandas o las que se digieren rápidamente (Duffy y Jackson 1986).

2) Recolección de restos hallados en los nidos: consisten en presas transportadas a los pichones y/o pareja que no han sido totalmente digeridos. En determinadas oportunidades es posible encontrar especímenes enteros de peces (Cap. III Fig. 9). Una desventaja es que, al menos en el EPS, estos restos son de carácter esporádico.

Métodos con manipulación

Estos métodos requieren un gran esfuerzo y tiempo en la recolección de las muestras en el terreno y provocan un mayor estrés en los individuos.

3) *Lavado estomacal de adultos*: se realiza en las inmediaciones del nido, cuando los adultos reproductores retornan a alimentar a la pareja o a los pichones. Este método brinda información precisa de la dieta, sin embargo, insume mucho tiempo en el campo (en general más de dos horas de espera) y un importante estrés en el adulto. Entre todos los descriptos, es el método más invasivo.

4) *Regurgitado de pichones*: Los pichones pueden regurgitar espontáneamente en situaciones de estrés, por ejemplo al acercarse un investigador o pueden ser fácilmente estimulados a hacerlo (Barret *et al.* 2007). Si bien requiere la captura del pichón, representa menos tiempo de manipulación. Permite obtener información directa de los ítems presa consumidos, al igual que en los lavados, pero en menor tiempo y por ende es posible recolectar un mayor número de muestras. La desventaja radica en que no se puede comprobar si la muestra representa el contenido estomacal completo.

El objetivo de este capítulo es identificar si existe un sesgo en la determinación de la dieta inducido por las metodologías utilizadas. Este es el primer estudio que compara los contenidos de egagrópilas y regurgitados en esta especie, en distintos años y con parejas reproductoras identificadas individualmente en una población con un alto número de parejas reproductivas de EP (ANEP, Pla. Potter) y una población con un bajo número de parejas reproductivas de EP (BNEP, Pta. Cierva).

4.2 MATERIALES Y MÉTODOS

Si bien la recolección de egagrópilas de adultos se realizó durante toda la temporada reproductiva, sólo se compararon las del período de CP, para eliminar la influencia causada por los cambios en los requerimientos energéticos de los individuos reproductores y su nidada. Para la comparación de las metodologías se utilizaron dos temporadas reproductivas 2005-06 y 2007-08. Las muestras de egagrópilas y regurgitados, fueron recolectadas de nidos identificados individualmente. En total, se analizaron 109 egagrópilas y 143 regurgitados que fueron recolectados de entre 10 y 43 nidos por localidad, dependiendo de las temporadas.

Análisis estadístico

Los ítems presa fueron agrupados en siete categorías generales de alimento: pingüinos (PG), aves voladoras (AV), peces (PC), mamíferos (MM), kril (KR), otros crustáceos (OC), otros tipos que incluyen principalmente a moluscos (O). La dieta fue caracterizada a partir de la FR%. Esta técnica es apropiada en muestras con pocas categorías, donde el objetivo es identificar el solapamiento en la dieta, más que las frecuencias absolutas de todos los tipos alimentarios, algunos de los cuales pueden ser subestimados por su rápida degradación.

Para determinar si existe influencia de la metodología (egagrópilas vs. regurgitados), se utilizó una regresión logística binaria considerando la presencia/ausencia de pingüinos y peces por muestras, por sitio y por año. Se compararon estas categorías ya que fueron las más abundantes halladas en la dieta (Cap. III).

4.3 RESULTADOS

La composición de la dieta fue similar a la hallada en el Capítulo III, donde se analizaron todas las egagrópilas y regurgitados. En Pla. Potter, población con un ANEP, en todas las temporadas analizadas, los pingüinos fueron el principal ítem hallado en las muestras de egagrópilas (63-90%), mientras que en regurgitados fue entre 0-12%; los peces estuvieron presentes en 30-44% de las egagrópilas y 84-85% de los regurgitados (Fig. 16 a-b). De las restantes categorías, el kril se halló en 10-36% de las muestras, aves voladoras en 0-19%, otros crustáceos en 0-16%, y otras presas en 0-10% de las muestras. Los musgos estuvieron presentes en 0-4% de las egagrópilas y 5-11% de los regurgitados.

En Pta. Cierva, población con un BNEP, en todas las temporadas analizadas, los peces fueron el principal ítem de la dieta, presente en 91-98% de las egagrópilas y 88-95% de los regurgitados (Fig. 16 c-d). Los pingüinos estuvieron presentes sólo en 0-13% de las egagrópilas y 0-7% de los regurgitados. De las otras categorías el kril se halló en 0-30% de las muestras, aves voladoras en 0-13%, y otras presas en 0-2% de las muestras. Los musgos estuvieron presentes en 87-88% de las egagrópilas y 0-11% de los regurgitados (Cap. III).

En los 23 nidos donde se recolectaron tanto egagrópilas como regurgitados, las categorías de alimento principales (pingüinos y peces), resultaron estar ausentes en ambos (AA), presentes sólo en egagrópilas (PA), sólo en regurgitados (AP) o presente en ambos (PP) (Apéndice 2). Los pingüinos estuvieron completamente ausentes en los regurgitados, siendo PA en 12 nidos y AA en 11 nidos. La regresión logística binaria de estas respuestas (en relación con los pingüinos) mostró diferencias por localidad ($z= 2,26$; $P= 0,024$), pero no existieron diferencias por año ($z= 0,73$; $P= 0,46$); la probabilidad de aparición de pingüinos en la dieta fue 2,5 veces mayor en Pla. Potter que en Pta. Cierva (siempre sólo en egagrópilas). Los peces estuvieron siempre presentes en cada nido (PA en 1 nido, AP en 10 nidos y PP en 12 nidos). La regresión logística binaria sobre los 22 nidos AP y PP mostró diferencias por año ($z= 2,18$; $P= 0,029$) y no por localidad ($z= 1,31$; $P= 0,19$); para los peces la probabilidad de aparecer en las egagrópilas (como así también en regurgitados) fue 3,3 veces mayor en 2005-06 que en 2007-08 (cuando estuvieron presentes en las egagrópilas en sólo un nido).

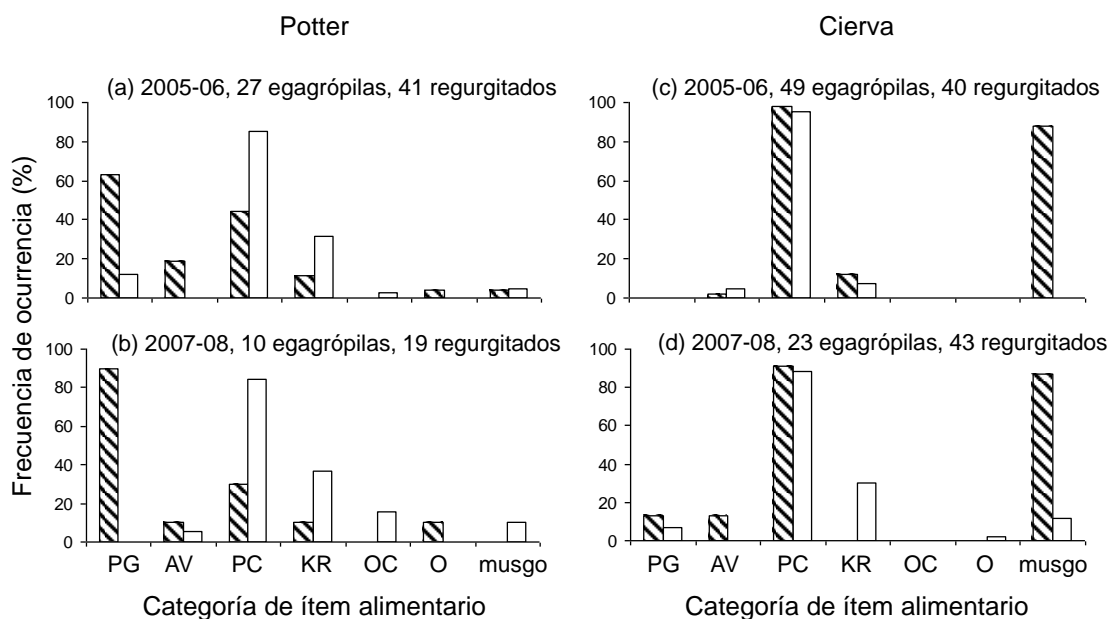


Figura 16. Porcentaje de Frecuencia de Ocurrencia de cada categoría de alimento ingerido, como un porcentaje del número total de muestras para cada combinación de método por localidad por año. Las barras sombreadas representan las frecuencias obtenidas a partir de las egagróvilas y las barras claras a partir de los regurgitados. Pingüino (PG), aves voladoras (AV), peces (PC), kril (KR), otros crustáceos (OC), otros (O) y musgos.

Los escúas que se alimentan en el mar, pueden no alimentarse de los pingüinos durante el mismo período, y por lo tanto pueden no producir egagróvilas tan frecuentemente. Para evaluar esta posibilidad, adicionalmente se analizaron 80 nidos en un diseño balanceado, con 10 nidos elegidos al azar, de cada combinación de método por localidad y por año. El número de nidos analizados era la cantidad disponible (10) para la combinación egagróvilas- Pla. Potter-2007-08. Los pingüinos estuvieron presentes en 17 de los 40 nidos con egagróvilas y totalmente ausentes en los nidos con regurgitados. Los peces estuvieron presentes en 20 de los 40 nidos con egagróvilas y en 36 de los 40 con regurgitados. La regresión logística binaria (presencia/ausencia) arrojó diferencias por métodos ($z=3,75$, $P<0,001$), localidad ($z=2,71$; $P=0,007$) y año ($z=2,71$; $P=0,007$). La probabilidad de encontrar peces fue 2,8 veces menor en egagróvilas que en regurgitados, como también 1,9 veces menor en Pla. Potter que en Pta. Cierva y 1,9 veces mayor en 2005-06 que en 2007-08. El efecto de la localidad estuvo fuertemente influenciado por la presencia de peces en los 20 regurgitados de Pta. Cierva.

Para evaluar la posibilidad de variación de la dieta entre adultos y pichones se compararon los lavados estomacales de adultos y los regurgitados de pichones (métodos directos). La frecuencia de ítems terrestres (pingüinos, aves voladoras y mamíferos) e ítems marinos (peces, kril, otros crustáceos y moluscos), fue similar entre las metodologías (Test de Fisher 2003-04: 61 regurgitados, 4 lavados: $P=1,00$; 2005-06: 78 y 23 muestras $P=0,22$; 2004-05: 41 y 6 muestras $P=0,26$; 2007-08: 43 y 13 muestras $P=1,00$).

4.4 DISCUSIÓN

El análisis combinado de egagrópillas y regurgitados revela mayores similitudes que diferencias en la dieta del EPS entre Pla. Potter y Pta. Cierva. Ambas colonias tuvieron una alta representación de peces en la dieta, pero esto sólo fue visible a partir del análisis de los regurgitados. Sin esta evidencia, las egagrópillas hubieran sugerido que la dieta se basaba casi exclusivamente en peces, en presencia de un BNEP (Pta. Cierva), mientras que con un ANEP (Pla. Potter) la predominancia fue de los pingüinos. Sólo cuando se analizaron los regurgitados se comprobó que los peces predominan en ambos sitios y en distintos años. El análisis de las egagrópillas, sin embargo reveló la mayor variación entre sitios, de una alta representación de musgos y baja presencia de pingüinos en Pta. Cierva hacia una alta representación de pingüinos y poco musgo en Pla. Potter.

Debido a la falta de réplicas de colonias simpátricas y “alopátricas” en este estudio, no se puede concluir que las diferencias halladas en la dieta del EPS en Pla. Potter con respecto a Pta. Cierva, son consecuencia de la presencia del EP. Como fue desarrollado en el Capítulo III, existen potenciales causas no mutuamente excluyentes para explicar la predominancia de peces sobre pingüinos en la dieta en ambos sitios, relacionado con la disponibilidad de presas en el área y el comportamiento antipredatorio de los pingüinos papúa. Incluso si la defensa de los pingüinos papúa actúa como barrera (limitante) para el EPS y que ésta sea una de las causas que influya sobre la dieta en el área de BNEP, es interesante destacar que en áreas de simpatría, la mayoría de los autores que utilizaron metodologías basadas en regurgitados (adultos y/o pichones) hallaron una mayor contribución de peces en la dieta (Trivelpiece *et al.* 1980; Pietz 1987; Reinhardt 1998; Montalti *et al.* 2009), con una sola excepción (Graña Grilli *et al.* 2011). En contraste, los estudios en base a egagrópillas reportaron una mayor contribución de pingüinos tanto en simpatría (Peter *et al.* 1990, Graña Grilli y Montalti 2012) como en alopatría (Green 1986, Norman y Ward 1990), incluso en localidades sin colonias de pingüinos cercanas (Zipan y Norman 1993, Mund y Miller 1995), coincidiendo con los resultados de egagrópillas de este trabajo. Es probable que la presencia de plumas en las egagrópillas conduzca a la interpretación de que los pingüinos siguen constituyendo un ítem de preferencia y que su alimentación a partir de recursos marinos, esté fuertemente influenciada por la presencia del EP. En este análisis, se hallaron proporciones de ítems similares a los hallados en los estudios previos basados en regurgitados y egagrópillas, pero a diferencia de ellos, la interpretación se basa en la comparación de ambos.

La baja ocurrencia de pingüinos en regurgitados en ambas localidades es consistente con depredación ocasional u oportunística, carroñeo de carcasas o fecas de focas leopardo, más que depredación activa o constante (Green 1986, Young 1990). Se determinó que para todas las temporadas y periodos reproductivos, la FR% fue similar a la FO% para Pta. Cierva, mientras que en el caso de Pla. Potter, la FR% de pingüinos y peces fue menor que la FO% (Cap. III Tabla 4). Esta

diferencia entre la FO% y FR% en ambas localidades se debe a que en muchas oportunidades las egagrópilas de Pla. Potter contienen ambos ítems en una misma egagrópila, situación que no se registró en Pta. Cierva. El cambio observado en las egagrópilas con una predominancia de plumas de pingüinos en Pla. Potter, a una de musgos en Pta. Cierva, sugiere la posibilidad de una función adaptativa de la ingesta de plumas, ya que cumplen la función de eliminar el material no digerible y también impiden la formación de poblaciones de parásitos gástricos. Por estos motivos, la ingesta de plumas puede contribuir a la formación de las egagrópilas particularmente cuando la dieta presenta poco material no digerible (Piersma y Van Eerden 1989).

Con respecto a la ingesta de musgos, las particulares condiciones climáticas en Pta. Cierva propician una diversidad de flora única, que incluye carpetas de musgos espesas, donde nidifican los escúas. Durante cada relevo de los integrantes de la pareja, típicamente toman los musgos de alrededor del nido, como parte de su comportamiento. El musgo también puede ser ingerido cuando alimentan a las parejas y/o pichones al regurgitar el alimento sobre el terreno. En Pla. Potter, por el contrario, el terreno sobre el que nidifican los escúas está compuesto por guijarros, con pocas áreas de musgos de aquí que la ingesta plumas puede substituir al musgo en la función de limpiar el tracto digestivo.

Conclusiones

En base a la comparación directa de metodologías, aquí se presenta una fuerte evidencia de una función no alimenticia para la ingesta de plumas. El análisis combinado de egagrópilas y regurgitados no detectó evidencias de competencia por el alimento entre el EPS y el EP. A diferencia del EP que se alimenta de pingüinos, el EPS no come pingüinos más frecuentemente en las zonas con un bajo número de parejas reproductivas de EP. Este análisis apoya la hipótesis de un origen secundario de las plumas, más que la explicación alternativa de los pingüinos como un importante ítem dietario, a pesar de la alta frecuencia de plumas hallada en las egagrópilas. De esta manera, este trabajo contribuye a la discusión planteada por Reinhardt *et al.* (2000), acerca de si los peces constituyen o no la preferencia primaria. No obstante a diferencia de los trabajos previos, esta conclusión se basa en la evidencia registrada a partir de la comparación entre metodologías. Asimismo, este estudio advierte acerca de la sobrestimación del rol de los pingüinos en la dieta del EPS, a partir del análisis de las egagrópilas. Esta fuente de sesgo puede estar presente en los numerosos estudios basados únicamente en egagrópilas (entre otros: Green 1986, Norman y Ward 1990, Young 1994, Mund y Miller 1995, Malzof y Quintana 2008, Graña Grilli y Montalti 2011) influyendo sobre el consenso establecido de que los pingüinos son uno de los principales ítems en la dieta del EPS y que en consecuencia, pueden estar compitiendo por este recurso con el EP (Pietz 1987, Reinhardt *et al.* 2000, Malzof y Quintana 2008). En base a la comparación de las metodologías en poblaciones que difieren marcadamente en el número de parejas reproductivas de EP, se concluye

que la evidencia para estos modelos de aprovisionamiento de alimento para los pichones no puede ser descripta únicamente a partir del análisis de egagrópilas y que deben ser tenidas en cuenta otras funciones para la ingesta de plumas. Estos resultados serán relevantes para todos los estudios basados en el análisis de egagrópilas de especies que son potenciales predadores de otras especies de aves.

CAPÍTULO V

VIAJES DE ALIMENTACIÓN Y ÁREAS DE FORRAJEEO

“Cuando no hay viento, rema ”

Proverbio latino

5.1 INTRODUCCIÓN

Las aves marinas deben explotar un ambiente heterogéneo tanto en el espacio como en el tiempo (Hunt *et al.* 1999) y como respuesta a esto, tienen variaciones considerables en el comportamiento de alimentación y distribución en el mar (Boyd 1996, Rodary *et al.* 2000, Croxall 2004, Grémillet *et al.* 2004). Los patrones de actividad diaria de las aves marinas, probablemente sean el mejor indicador de cambios en la disponibilidad de las fuentes de alimento (Furness 1996). En este sentido estudios de ecología trófica de varias aves marinas, entre ellas el escúa común (*S. skua*) y el escúa del Ártico (*S. parasiticus*), en las Islas Shetland del Norte, demostraron que el tiempo invertido en la alimentación, fue significativamente mayor cuando declinaron los stocks de la sardina, *Ammodytes* sp. (Caldow y Furness 2000, Phillips *et al.* 1996).

Durante el período reproductivo, los escúas se comportan como forrajeadores de lugar central (*central place foragers*), que son aquellos que deben retornar periódicamente a alimentar a sus pichones y/o pareja, por lo tanto, el tiempo invertido en los viajes, puede ser tomado como un índice del esfuerzo de alimentación (Caldow y Furness 2000, Bearhop *et al.* 2001). La variabilidad en la abundancia y/o distribución de presas pueden generar un mayor esfuerzo en la obtención de fuentes de energía por los depredadores, afectando su supervivencia y reproducción (Croxall 2004). Debido a la alta depredación intra-específica (Lamey 1995), los escúas rara vez abandonan a los pichones, que a medida que crecen, aumentan sus requerimientos energéticos y también los cuidados parentales que garantizan la supervivencia, por esto se ha postulado que el registro de pichones solos es un indicador de baja disponibilidad de alimento (Neilson 1983, Pietz 1986). Por otra parte, los pichones que emplumen con mejor peso, tienen mayor probabilidad de sobrevivir (Hamer *et al.* 1991), por estos motivos, los escúas deben equilibrar la energía que invierten en el cuidado de los pichones y la búsqueda de alimento; y por ende balancear el compromiso entre asegurar la supervivencia de los pichones en el corto y mediano plazo.

Un método para estimar el sitio de alimentación en el mar, como la facilidad/dificultad en hallar el alimento, puede ser registrado tomando el tiempo desde que los individuos vuelan desde los nidos hasta los sitios de alimentación en el mar y su regreso. Estos registros realizados a lo largo de la temporada, muestran los cambios estacionales en la demanda de alimento, como la variabilidad en el éxito de la pesca, medido en términos de tiempo fuera del nido. Además los viajes de alimentación que culminan con un adulto que no puede alimentar a su pareja o pichón pueden considerarse como un viaje infructuoso, que indica la dificultad en obtener alimento (Young 1970, Phillips *et al.* 1997).

Varios autores han estudiado los patrones de alimentación del EPS (Spellerberg 1969, Parmelee 1978, Pietz 1984, 1986, Peter *et al.* 1990, Young 1994, Hahn *et al.* 2008). Dado que el comportamiento de alimentación y el esfuerzo invertido en el cuidado de los pichones pueden reflejar variaciones locales en la disponibilidad de alimento (Montevecchi 1993), el conocimiento de estos patrones contribuye a interpretar la dinámica de las poblaciones como respuesta a cambios en el ambiente y las estrategias desarrolladas por las especies.

5.2 OBJETIVOS PARTICULARES:

- ✓ Determinar el esfuerzo de alimentación en parejas en incubación (INC) y cuidados parentales (CP)
- ✓ Determinar el tiempo de permanencia en el mar durante los períodos reproductivos, cuantificando la frecuencia y duración de los viajes de alimentación realizados por individuos de ambos sexos.
- ✓ Estimar las áreas de alimentación, en base a los resultados de este capítulo junto con la información obtenida de las principales presas (Cap. III).

Paralelamente, los resultados de este capítulo permitirán relacionar el comportamiento de alimentación, evaluando la relación entre el esfuerzo, actividad y frecuencia de alimentación, con diversos parámetros reproductivos y tróficos de las poblaciones en estudio (Cap. VI).

5.3 MATERIALES Y MÉTODOS

5.3.1 Metodología de las observaciones

Los individuos fueron capturados con redes de mano e identificados con anillos de aluminio y con anillos plásticos de colores con codificación alfanumérica, para ser reconocidos individualmente a distancia. El sexo fue determinado mediante PCR y se registró la performance reproductiva de estas parejas a lo largo de todos los muestreos.

Las observaciones se llevaron a cabo entre las temporadas 2003-04 y 2007-08. Según el año y las posibilidades logísticas, se realizaron 7212 observaciones (horas/ave) en Pla. Potter (5 campañas, 594 horas de observación) y 468 observaciones (horas/ave) en Pta. Cierva (2 campañas, 69 horas de observación). En la Tabla 15 se incluye la lista completa con el detalle de las observaciones realizadas en ambas localidades durante la incubación (INC) y cuidado parentales (CP). Adicionalmente, en Pla. Potter, durante las temporadas 2006-07 y 2007-08, se realizaron observaciones en parejas no reproductoras (NR), que son aquellas que ocupan un territorio después de haber perdido la nidada.

Tabla 15. Muestreos en Pla. Potter y Pta. Cierva. Días de observación por localidad y por temporadas, N= número de parejas observadas.

	Días	Pla. Potter Horas	Horas/ave	Días	Pta. Cierva Horas	Horas/ave
2003-04	3 (N=4-6)	90*	876	Sin datos		
2004-05	3 (N=4)	72	576	Sin datos		
2005-06	4 (N=5-6)	96	1104	2 (N=4)	21**	84
2006-07	11 (N=7-8)	264	3600	Sin datos		
2007-08	3 (N=6-8)	72	1056	6 (N=8)	48**	384
Total	24 (N= 26-28)	594	7212	8 (N=4-8)	69	468

* Las observaciones fueron de 24, 30 y 36 h

** Las observaciones no fueron de 24 h continuas

Península Potter

Se realizaron observaciones durante 24 h, registrando la presencia/ausencia de cada individuo de la pareja, con intervalos de una hora. El número de parejas observadas por día, osciló entre 4 y 8 dependiendo del año. Las observaciones fueron realizadas con binoculares (7x35; 10x40) a una distancia promedio de 50 m. (Fig. 17). Adicionalmente durante la temporada 2007-08 se realizaron observaciones de una hora de duración continua (a las 5:00, 9:00, 13:00, 19:00) para determinar si existieron viajes menores a una hora de duración. Al inicio y al final de cada observación, se registró el periodo reproductivo de cada nido observado (INC; CP; NR).

Punta Cierva

Durante la temporada 2005-06 las observaciones se realizaron en bloques de 3 h continuas por la mañana y la tarde. Durante la temporada 2007-08, se realizaron observaciones continuas desde el amanecer hasta el atardecer donde se registró cada 15 minutos la presencia/ausencia de cada adulto. Entre los períodos de 15 minutos se registró si el ejemplar partía o regresaba y si alimentaba a su pareja y/o pichones. El número de parejas observadas fue entre 4 y 8 dependiendo del año. Al inicio y al final de cada observación, se registró el período reproductivo de cada nido observado (INC; CP; NR). Las observaciones fueron realizadas con binoculares (7x35; 10x40) a una distancia promedio de 40 m (Fig. 17).

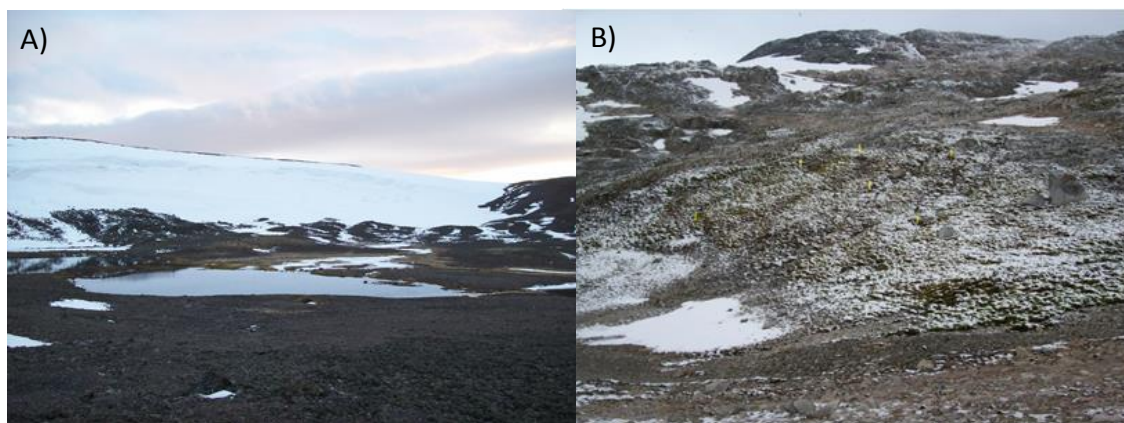


Figura 17. Zonas de observación de los viajes de alimentación. A) Pla. Potter; B) Pta. Cierva.

5.3.2 Índices medidos

a) Esfuerzo de alimentación

Definimos el esfuerzo de alimentación, como el tiempo invertido por pareja reproductora durante cada período de reproducción (INC; CP; NR). Con el fin de determinar el esfuerzo de alimentación de los escúas en las distintas etapas de la reproducción y en distintas fechas, se calculó el tiempo total en que ambos individuos de la pareja estuvieron ausentes en el territorio, para cada observación de 24 horas. Debido a las diferentes metodologías utilizadas entre localidades, sólo se realizó este análisis en Pla. Potter.

b) Duración y frecuencia de los viajes de alimentación

Los viajes de alimentación corresponden al tiempo que transcurre entre la salida y el arribo de un individuo a su nido y la alimentación de sus pichones y/o pareja. Para cada individuo de las parejas observadas, se estimó la duración de cada viaje de alimentación y su frecuencia diaria, considerada como el número de viajes promedio por observación de 24 h.

5.3.3 Estimación de las áreas de alimentación

Las áreas de alimentación fueron estimadas a partir de la velocidad de vuelo y dos parámetros descriptivos: i) el promedio de la duración de los viajes de alimentación y ii) la frecuencia máxima (moda) de la duración de los viajes, considerando sólo el tiempo de ida y vuelta sin tener en cuenta el tiempo de búsqueda y captura de la presa. De esta manera la estimación corresponde al área máxima de alimentación, basada en la distancia máxima recorrida. Esta distancia es considerada en línea recta y no se agrega a esta estimación ninguna desviación en el vuelo. Se utilizó la velocidad de vuelo promedio de $13,6 \text{ ms}^{-1}$ (Hahn *et al.* 2008). Los mapas batimétricos fueron construidos a partir de la base de datos GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans; IOC, IHO y BODC, 2008

(https://www.bodc.ac.uk/data/online_delivery/gebco/) y los gráficos de las áreas de forrajeo fueron realizados con el programa QGIS 2.2.0-Valmiera (<http://qgis.org/>).

5.3.4 Análisis estadísticos

Se analizó el efecto del período reproductivo y la fecha de observación sobre el esfuerzo de alimentación de cada pareja, por medio de un modelo lineal generalizado de dos factores (período y fecha) para cada temporada, y el efecto de la temporada y el período reproductivo sobre el esfuerzo de alimentación de cada pareja entre temporadas (año y período). Dado que el esfuerzo de alimentación puede incrementarse con el aumento de los requerimientos del pichón, en los análisis siempre que fue posible, se evaluaron los nidos con uno (1P) y dos pichones (2P) por separado.

En cada temporada se analizó el efecto del período reproductivo y el sexo de los escúas sobre la duración de los viajes de alimentación, utilizando un modelo lineal generalizado de dos factores, en este caso período y sexo, que fueron considerados como factores fijos; los viajes de cada individuo fueron tomados en promedio para evitar la pseudoreplicación (Barbraud *et al.* 1999). La duración de los viajes de alimentación fue transformada a log10 previo al análisis, para la normal distribución de los residuos. Cuando se hallaron diferencias significativas dentro de un factor y/o se encontró interacción significativa entre los factores se realizaron comparaciones múltiples (Tests simultáneos de Tuckey). La frecuencia diaria (número de viajes por día de cada individuo de la pareja) por período y entre períodos fueron analizados por medio de un Test de Student.

Se testeó la homogeneidad de varianza (Test de Levene) y la distribución normal (Test Anderson-Darling). Si estos criterios no fueron alcanzados se realizó un Test no paramétrico (Kruskal-Wallis). Todos los valores medios son presentados con su desvío estándar (de), salvo que se indique lo contrario. El valor de significancia fue de $P < 0,05$.

5.4 RESULTADOS

5.4.1 Esfuerzo de alimentación

El tiempo invertido en la alimentación por pareja reproductiva fue variable entre temporadas (Tabla 16). En general, el esfuerzo en la búsqueda de alimento aumenta en las parejas que crían pichones. Durante la INC, las parejas invierten entre 4,46 y 10,40 h en promedio, mientras que durante los CP, el tiempo de búsqueda se incrementa (rango promedio 10,71-14,76 h). Las parejas NR, se ausentan del nido, en forma más aleatoria (rango promedio 12,22-14,19 h), no obstante, siguen ocupando el territorio durante la temporada.

Tabla 16. Pla. Potter. Número de observaciones (días), promedio \pm de del esfuerzo de alimentación (expresado en horas), en los distintos periodos observados (INC: incubación, CP: cuidados parentales, NR: no reproductivos), N: número de parejas observadas por período.

Año	Obs. (Días)	Parejas INC (h)	N	Parejas CP (h)	N	Parejas NR (h)	N	N Total
2003-04	3	8,17 \pm 2,32	6	11,13 \pm 3,23	8	Sin datos		14
2004-05	3	10,40 \pm 2,51	5	13,86 \pm 3,98	7	Sin datos		12
2005-06	3	10,20 \pm 4,09	5	10,71 \pm 3,77	17	Sin datos		22
2006-07	11	4,56 \pm 2,61	34	14,76 \pm 5,83	21	14,19 \pm 8,26	36	81
2007-08	3	10,40 \pm 2,37	10	11,67 \pm 2,52	3	12,22 \pm 4,44	9	21

Variaciones dentro de la temporada

Debido a la variabilidad en la cronología reproductiva del EPS, a su alta mortalidad en algunos años (Cap. VI) y a la distancia entre nidos, fue difícil llevar a cabo observaciones con un número constante de parejas en cada periodo.

Durante la temporada 2003-04, de los tres días observados, se registraron parejas INC (N= 6), parejas con 1P (N= 5) y con 2P (N= 3). El esfuerzo de cada pareja varió entre periodos ($F_{(2,5)} = 16,83$; $P = 0,006$) y entre fechas ($F_{(2,5)} = 11,98$; $P = 0,012$) pero no en relación con el período reproductivo en función de las fechas ($F_{(4,5)} = 0,61$; $P = 0,674$). Las parejas con 2P, tuvieron un mayor esfuerzo de alimentación que aquellas parejas con 1P ($T = -3,896$; $P = 0,0267$), o parejas INC ($T = -5,798$; $P = 0,005$). Durante la observación del 8 de febrero, todas las parejas, independientemente de su periodo, estuvieron ausentes del nido durante un tiempo significativamente menor que las fechas previas ($T = -3,865$; $P = 0,0267$; $T = -4,472$; $P = 0,0150$) (Fig. 18-a). En esta temporada no se observaron pichones solos.

Durante la temporada 2004-05, en los nidos observados sólo se registraron parejas INC (N= 5) o parejas con 1P (N= 7). Durante los 3 días no se registraron diferencias en el tiempo invertido en el alimentación entre parejas INC y parejas con 1P ($F_{(1,6)} = 3,54$; $P = 0,109$), ni tampoco en las fechas de observación ($F_{(2,6)} = 0,27$; $P = 0,769$), ni en la interacción de ambos factores ($F_{(2,6)} = 4,03$; $P = 0,078$) (Fig. 18-b). En esta temporada se observaron pichones solos durante una hora en dos oportunidades (el 21 y el 31 de enero).

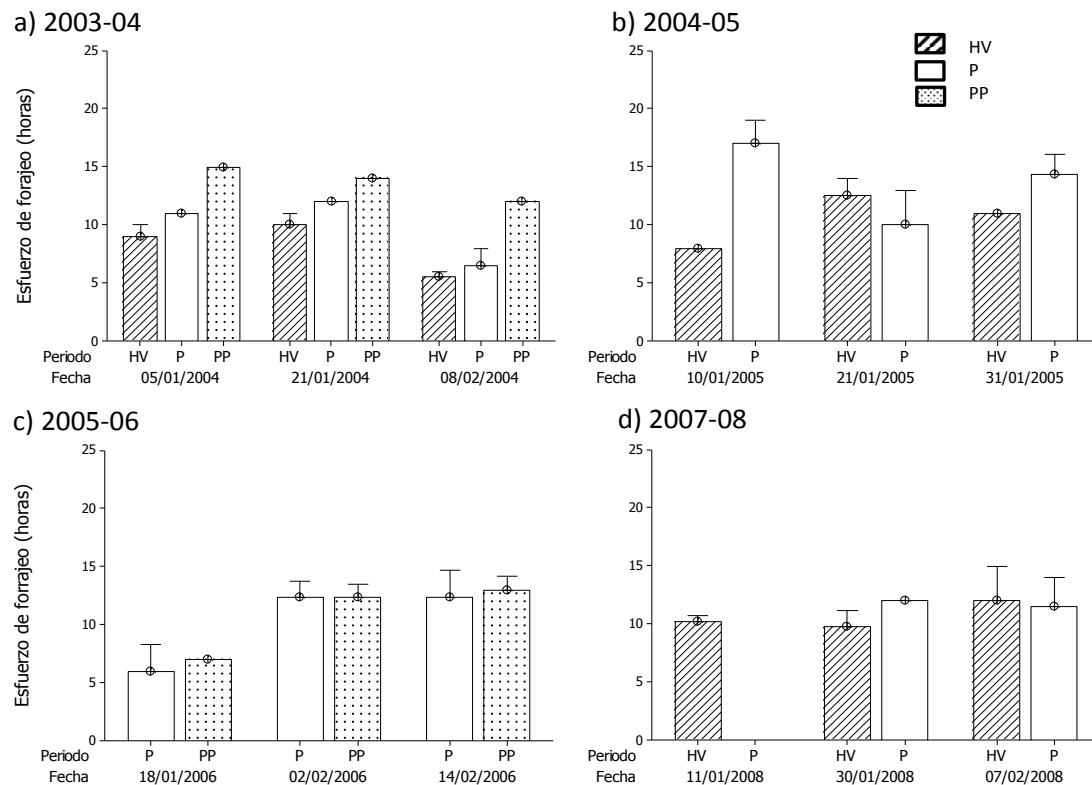


Figura 18. Pla. Potter. Esfuerzo de alimentación (media \pm ES) por pareja en cada temporada reproductiva. HV: nidos con huevos, P: Nidos con 1 pichón, PP: nidos con dos pichones.

Durante la temporada 2005-06, en los 3 días de observación se registraron nidos con 1P (N= 8) y con 2P (N= 9). No existieron diferencias en el tiempo invertido por parejas con 1P y 2P ($F_{(1,11)} = 0,15$; $P = 0,706$), pero si, entre distintas fechas ($F_{(2,11)} = 7,24$; $P = 0,010$). El 18 de enero los viajes fueron más cortos respecto de los del 2 y 14 de febrero ($T = 3,259$; $P = 0,0192$; $T = 3,445$; $P = 0,0139$ respectivamente) (Fig. 18-c).

En las 11 observaciones realizadas en la temporada 2006-07, aproximadamente una observación por semana, entre el 11 de noviembre y el 14 de febrero (cuando ninguno de los nidos observados tenía pichones), se registraron nidos INC (N= 33), nidos con 1P (N= 10) y nidos con 2P (N= 11). Se observó que existieron diferencias en el esfuerzo de alimentación entre periodos ($F_{(2,44)} = 9,58$; $P < 0,05$), los adultos de nidos con 1P o 2P realizaron un esfuerzo mayor que las parejas que incubaban (INC vs 1P: $T = -3,218$ $P = 0,0067$, INC vs 2P: $T = -4,351$; $P = 0,0002$), pero no existieron diferencias entre los nidos con 1P o 2P ($T = 1,014$; $P = 0,572$). También se registraron diferencias entre fechas ($F_{(7,44)} = 10,39$; $P < 0,005$). El 9 y el 17 de enero, los viajes fueron significativamente más largos que durante las otras fechas (todos los $P < 0,05$) aunque no difirieron entre ambas ($T = 1,629$; $P = 0,73$), en los días restantes no hubo diferencias en el tiempo invertido en la alimentación (todos los $P > 0,05$) (Fig. 19). En particular el 17 de enero se registraron pichones solos, en 3 de los 5 nidos observados, en dos de ellos por más de 3 h y en el otro por más de 6 h. En la observación posterior al 17 de enero, todas las parejas

perdieron su nidada. Si bien se siguieron las observaciones, estos datos fueron excluidos del análisis.

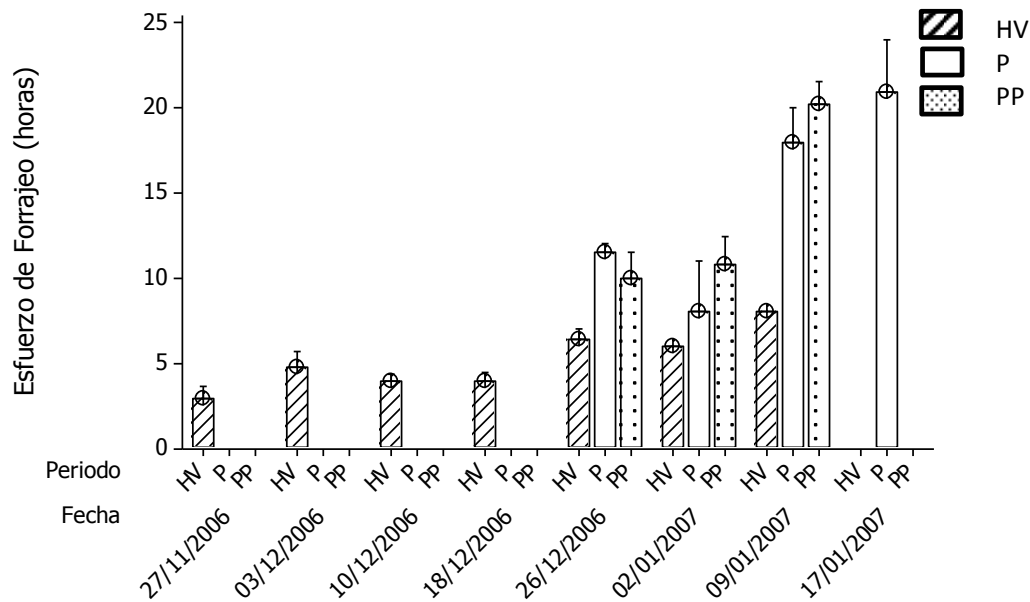


Figura 19. Pla. Potter. Esfuerzo de alimentación (media \pm ES), por pareja en cada periodo reproductivo, durante la temporada 2006-07. HV: nidos con huevos, P: Nidos con 1 pichón, PP: nidos con dos pichones.

Durante la temporada 2007-08, se realizaron 3 observaciones (parejas INC= 9; parejas 1P N= 3) y no se hallaron diferencias en el tiempo invertido por pareja entre periodos ($H= 0,73$; $P= 0,393$ gl= 1) ni entre fechas ($H= 0,60$; $P= 0,737$; gl= 2) (Fig. 18-d).

Variación interanual

Se compararon dos periodos reproductivos (parejas INC, parejas CP), para todas las temporadas de estudio. Las parejas que crían pichones, invierten más tiempo en la búsqueda del alimento que las parejas que incuban ($F_{(1,105)}= 13,52$; $P< 0,005$). No se hallaron diferencias en el tiempo invertido entre años ($F_{(4,105)}= 1,31$; $P= 0,270$) pero si en la interacción entre años y periodos ($F_{(4,105)}= 7,63$; $P< 0,005$). Para la temporada 2006-07 durante la INC, el tiempo invertido por la pareja fue significativamente menor que para el resto de las temporadas (Fig. 20) (Test de Tuckey; 2006-07 (INC) vs todos los años y periodos: todos los $P < 0,05$). El mayor esfuerzo de alimentación se produjo durante los CP de 2006-07 ($14,76 \pm 5,83h$).

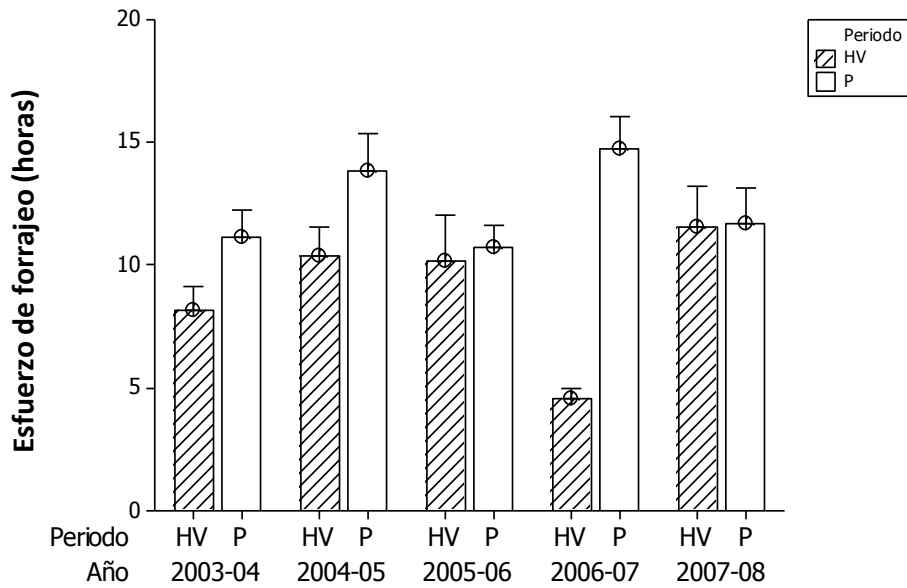


Figura 20. Esfuerzo de alimentación por periodo reproductivo para las temporadas de estudio. HV: nidos con huevos, P: Nidos con pichón.

5.4.2. Viajes de alimentación

Duración de los viajes de alimentación

Durante las distintas temporadas se observó que durante la INC, las hembras invierten la mayor parte de su tiempo en el territorio, ausentándose del nido en pocas oportunidades; mientras que el macho realiza la mayoría de los viajes y alimenta a su pareja. Durante los CP, las hembras realizan viajes al igual que los machos, variando su intensidad, dependiendo de la temporada (Tabla 17). Tanto los machos como las hembras, forrajea durante los periodos de luz, pero no durante los periodos de oscuridad. En los días donde sólo hay penumbra, ambos sexos tienen un periodo de descanso entre las 00:00 y 1:00 AM, en todas las temporadas observadas.

Variaciones dentro de la temporada

Península Potter

Durante la temporada 2003-04, la duración de los viajes fue diferente entre sexos ($F_{(1,8)} = 11,26$; $P = 0,010$), pero no entre periodos ($F_{(1,8)} = 1,23$; $P = 0,300$). La duración de los viajes de alimentación dependió del sexo durante cada periodo reproductivo ($F_{(1,8)} = 13,56$; $P = 0,006$). Durante la INC, los machos realizan viajes de alimentación más largos que las hembras ($T = 4,977$; $P = 0,0048$) y durante los CP, los machos realizaron viajes más cortos respecto de la INC ($T = 3,388$; $P = 0,03$). Durante los CP, no se registraron diferencias entre machos y hembras ($T = -0,23$; $P = 0,99$; Tabla 17).

Tabla 17. Porcentaje de presencia en nidos, duración promedio de los viajes de alimentación (en minutos media \pm de). H: Hembra; M: macho. N: número. Duración expresada en minutos.

2003-04	Incubación		Cuidados parentales	
	H	M	H	M
Observaciones (N)	4	4	7	7
Presencia en nidos (%)	95,42 \pm 4,36	71,39 \pm 6,88	79,31 \pm 5,92	71,60 \pm 11,94
Viajes (N)	6	27	31	47
Duración viajes (min.)	90,0 \pm 73,48	95,69 \pm 58,44	81,29 \pm 39,64	74,04 \pm 25,68
Viaje más largo (min.)	240	240	240	120
2004-05				
Observaciones (N)	5	5	7	7
Presencia en nidos (%)	85,83 \pm 3,33	70,77 \pm 6,89	64,85 \pm 11,35	73,22 \pm 9,14
Viajes (N)	9	20	21	22
Duración viajes (min.)	86,67 \pm 43,59	93,00 \pm 49,54	120,00 \pm 75,91	106,36 \pm 78,41
Viaje más largo (min.)	180	240	300	360
2005-06				
Observaciones (N)	5	5	18	18
Presencia en nidos (%)	94,17 \pm 5,0	61,67 \pm 16,12	78,935 \pm 10,80	78,01 \pm 8,98
Viajes (N)	4	12	40	48
Duración viajes (min.)	105,0 \pm 49,75	190,0 \pm 152,64	118,50 \pm 74,08	95 \pm 50,22
Viaje más largo (min.)	180	540	300	240
2006-07				
Observaciones (N)	34	34	22	22
Presencia en nidos (%)	96,81 \pm 4,96	84,56 \pm 10,08	51,13 \pm 31,13	50,93 \pm 29,73
Viajes (N)	25	66	57	67
Duración viajes (min.)	74,4 \pm 39,0	91,82 \pm 62,46	134,74 \pm 167,14	109,25 \pm 89,80
Viaje más largo (min.)	240	360	900	480
2007-08				
Observaciones (N)	10	10	3	3
Presencia en nidos (%)	85,24 \pm 8,64	66,47 \pm 10,83	63,07 \pm 8,70	77,53 \pm 11,20
Viajes (N)	16	20	13	9
Duración viajes (min.)	105,0 \pm 54,08	156,0 \pm 97,49	78,46 \pm 27,69	73,33 \pm 24,94
Viaje más largo (min.)	240	420	120	120

Durante las temporadas 2004-05 y 2005-06 no se registraron diferencias en la duración de los viajes de alimentación entre periodos (2004: $F_{(1,9)} = 1,02$; $P = 0,352$; 2005: $F_{(1,15)} = 3,98$; $P = 0,065$), ni entre sexos (2004: $F_{(1,9)} = 0,04$; $P = 0,845$; 2005: $F_{(1,15)} = 0,29$; $P = 0,598$), ni en la interacción entre periodo y sexo (2004: $F_{(1,9)} = 0,53$; $P = 0,493$; 2005: $F_{(1,15)} = 1,34$; $P = 0,296$).

Durante la temporada 2006-07, se compararon los periodos de INC, 1P y 2P. La duración de los viajes de alimentación no fue diferentes entre periodos reproductivos ($F_{(2,51)} = 2,98$; $P = 0,06$), entre sexos ($F_{(1,51)} = 0,0$; $P = 0,986$) y entre machos y hembras para un periodo determinado ($F_{(2,51)} = 1,35$; $P = 0,713$). No obstante, el análisis post hoc determinó que existieron diferencias entre los adultos que incubaban y los que tenían un solo pichón ($T = 2,0496$; $P = 0,049$), pero no en el resto de los otros estadios (INC vs 2P $T = 1,641$ $P = 0,1378$).

En la temporada 2007-2008, durante las observaciones de una hora de duración (realizados a las 5:00, 9:00, 13:00 y 19:00) no se registraron viajes de alimentación menores a una hora de duración. A diferencia de las temporadas previas, los viajes de mayor duración fueron en INC, respecto de los CP ($F_{(1,20)} = 8,82$; $P = 0,008$) (Tabla 17), pero no se registraron diferencias entre los sexos por periodo reproductivo ($F_{(1,20)} = 0,86$; $P = 0,365$), ni en la interacción de ambos factores ($F_{(1,20)} = 0,10$; $P = 0,244$).

Variación interanual

La duración de los viajes de alimentación fue diferente entre periodos de años determinados. En las temporadas 2005-06 y 2007-08 la duración de los viajes de alimentación fue mayor durante la INC que en CP, al contrario de lo que ocurre en las temporadas 2004-05 y 2006-07 (Tabla 18, Fig. 21).

Tabla 18. Pla. Potter. Variación interanual de los viajes de alimentación. En negrita la significancia.

	g.l.	F	P
Año	4	1,02	0,399
Periodo	1	0,10	0,750
Sexo	1	0,74	0,390
Año*periodo	4	3,19	0,017
Año *sexo	4	0,09	0,987
Período*sexo	1	2,27	0,135
A*P*S	4	2,09	0,986
Error	92		
Total	111		

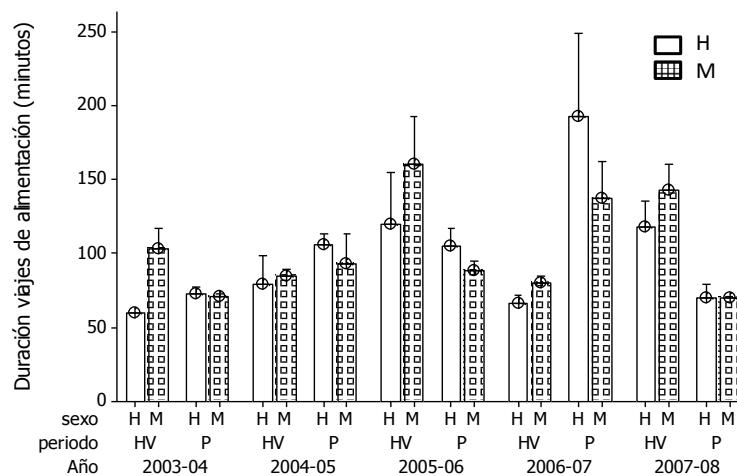


Figura 21. Pla. Potter. Duración de los viajes de alimentación para todas las temporadas de estudio. H: hembra, M: macho, HV: Incubación, P: cuidados parentales.

5.4.3 Frecuencia diaria

Península Potter

Se comparó el número de vuelos entre machos y hembras de cada nido y se observó que durante la INC, en la mayoría de las temporadas, los machos realizaron un número mayor de viajes promedio por día (2003-04, 2004-05, 2005-06, 2006-07, t-test pareado, todos los $P < 0,05$), excepto la temporada 2007-08 (T-test pareado, $T = -1,56$; $P = 0,15$ gl= 10), mientras que cuando la nidada es de 1P el número de viajes promedio entre sexos es similar (2003-04, 2004-05, 2005-06, 2006-07, t-test pareado, todos los $P > 0,05$). Sin embargo, en las temporadas en que se observaron nidos con 2P (2003-04, 2005-06 y 2006-07), los machos aumentaron la frecuencia diaria en dos de las tres temporadas (T-test pareado, 2005-06: $T = -4,96$, $P = 0,001$ gl= 8, 2006-07: $T = -3,88$, $P = 0,003$, gl= 9) (Tabla 19).

Al comparar la frecuencia de viajes diaria entre hembras para distintos periodos se observó que las hembras realizaron más viajes con 1P, que durante la INC (todos los $P < 0,05$), mientras que los machos tuvieron una frecuencia similar (2004, 2007, T-test pareado, todos los $P > 0,05$). Durante las temporadas en que se observaron nidos con 1P y 2P (2003, 2005 y 2006), las hembras realizaron más viajes que durante la INC, pero el número de viajes entre nidos con 1P y 2P fue similar (2003; 2005; 2006; todos los $P > 0,05$). Por el contrario, la frecuencia en los machos fue variable, durante la temporada 2005-06, aumentó la frecuencia de viajes en nidos 2P respecto de 1P o INC (INC vs 2P: $T = -2,38$ $P = 0,03$, gl= 11; 1P vs 2P: $T = -3,15$ $P = 0,006$ gl= 15), mientras que en la temporada 2006-07, la frecuencia aumentó significativamente en machos con 1P o 2P respecto de la INC (INC vs 1P: $T = -3,57$ $P < 0,001$, gl= 41; INC vs 2P: $T = -5,22$ $P < 0,001$ gl= 40), pero no entre nidos con 1P o 2P (1P vs 2P: $T = -1,65$ $P = 0,11$, gl= 19). Durante la temporada 2003 no se registraron diferencias en ningún periodo (INC vs 1P; INC vs 2P, 1P vs 2P: todos los $P > 0,05$).

Tabla 19. Pla. Potter. Frecuencia diaria promedio para todas las temporadas. Media \pm de. * Diferencias significativas, entre machos y hembras para un mismo periodo (T-test pareado $P < 0,05$). N: número de observaciones, INC: nidos con huevos, CP (1P): nidos con un pichón, CP (2P): nidos con dos pichones.

	INC		CP (1P)		CP (2P)	
	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho
2003-04	0,83 \pm 0,41 (N = 6)	4,50 \pm 1,05*	3,40 \pm 0,55 (N = 5)	4,60 \pm 2,30	4,67 \pm 1,15 (N = 8)	5,67 \pm 0,58
2004-05	2,20 \pm 0,84 (N = 8)	4,60 \pm 1,52*	3,57 \pm 1,40 (N = 7)	3,71 \pm 1,89		
2005-06	0,80 \pm 1,84 (N = 5)	3,20 \pm 1,70*	2,44 \pm 1,13 (N = 9)	3,00 \pm 1,50*	2,50 \pm 0,53 (N = 8)	4,75 \pm 1,04*
2006-07	0,78 \pm 0,87 (N = 32)	2,25 \pm 1,14*	3,09 \pm 1,64 (N = 11)	3,64 \pm 1,03	3,20 \pm 1,62 (N = 10)	4,50 \pm 1,35*
2007-08	1,90 \pm 1,20 (N = 10)	2,70 \pm 0,82	5 \pm 1,73 (N = 3)	3,67 \pm 2,08		

Punta Cierva

En Pta. Cierva, en la temporada 2005-06 y durante 21 horas de observación sobre 4 parejas, se registró la presencia/ausencia de individuos reproductores. Si bien se realizaron observaciones de 3 h continuas, no se pudieron determinar los viajes de alimentación.

En la temporada 2007-08 y durante 48 horas de observación distribuidas en 3 días, sobre 8 parejas, se registraron 60 viajes de alimentación completos (Tabla 20), con una amplia variación en la duración de entre 25 a 300 minutos (5 horas). Durante esta temporada no existieron diferencias en la duración de los viajes de alimentación entre periodos ($F_{(1,16)} = 0,06$; $P = 0,806$), ni entre sexos ($F_{(1,16)} = 0,85$; $P = 0,371$), ni en la interacción entre periodo y sexo ($F_{(1,16)} = 0,78$; $P = 0,392$). En estas observaciones, el día 28 de febrero, en dos oportunidades, se registraron 3 nidos con pichones solos, en un caso durante 1 hora y en otro caso sólo 15 minutos.

Tabla 20. Pta. Cierva. Porcentaje de presencia en nidos, duración promedio de los viajes de alimentación (en minutos media \pm de). H: Hembra, M: macho, N: número.

2007-08	INC		CP	
	H	M	H	M
Observaciones (N)*	7	7	8	8
Presencia en nidos (%)*	81,77 \pm 18,37	69,19 \pm 21,75	75,01 \pm 24,99	63,96 \pm 36,05
Viajes (N)	2	10	20	28
Duración viajes (min)	145 \pm 63,64	114,37 \pm 52,54	101,15 \pm 47,30	110,61 \pm 55,78
Viaje más largo	190	185	195	300

*Las observaciones fueron de 48 h total, distribuidas en 3 días.

5.4.4 Áreas de alimentación

En Pla. Potter, se estimó el área de alimentación a partir del promedio de la duración de los viajes individuales para todas las temporadas (Hahn *et al.* 2008) y en base a la distribución de frecuencias de los mismos.

Considerando una velocidad de vuelo de 13,6 m/s⁻¹ (Pennycuik 1987, en Hahn *et al.* 2008) y el promedio de la duración de los viajes (103,4 \pm 71,9 min, N= 450), el área de alimentación del EPS en Pla. Potter es de 42,2 km y si se considera la moda de la distribución de frecuencias, el área de alimentación es de 24,5 km ($M_0 = 60$ min.) (Fig. 22-b). En éstos análisis se excluyeron los viajes mayores de 500 min, ya que fueron registros aislados, en una sola temporada y se los consideraron valores atípicos.

El área de alimentación estimada en Pta. Cierva es de 43,6 km, si se considera el promedio de los viajes (107,08 \pm 52,2 min; N= 60) y de 30,6 km si se considera la moda de la distribución de frecuencias ($M_0 = 75$ min) (Fig. 22-c).

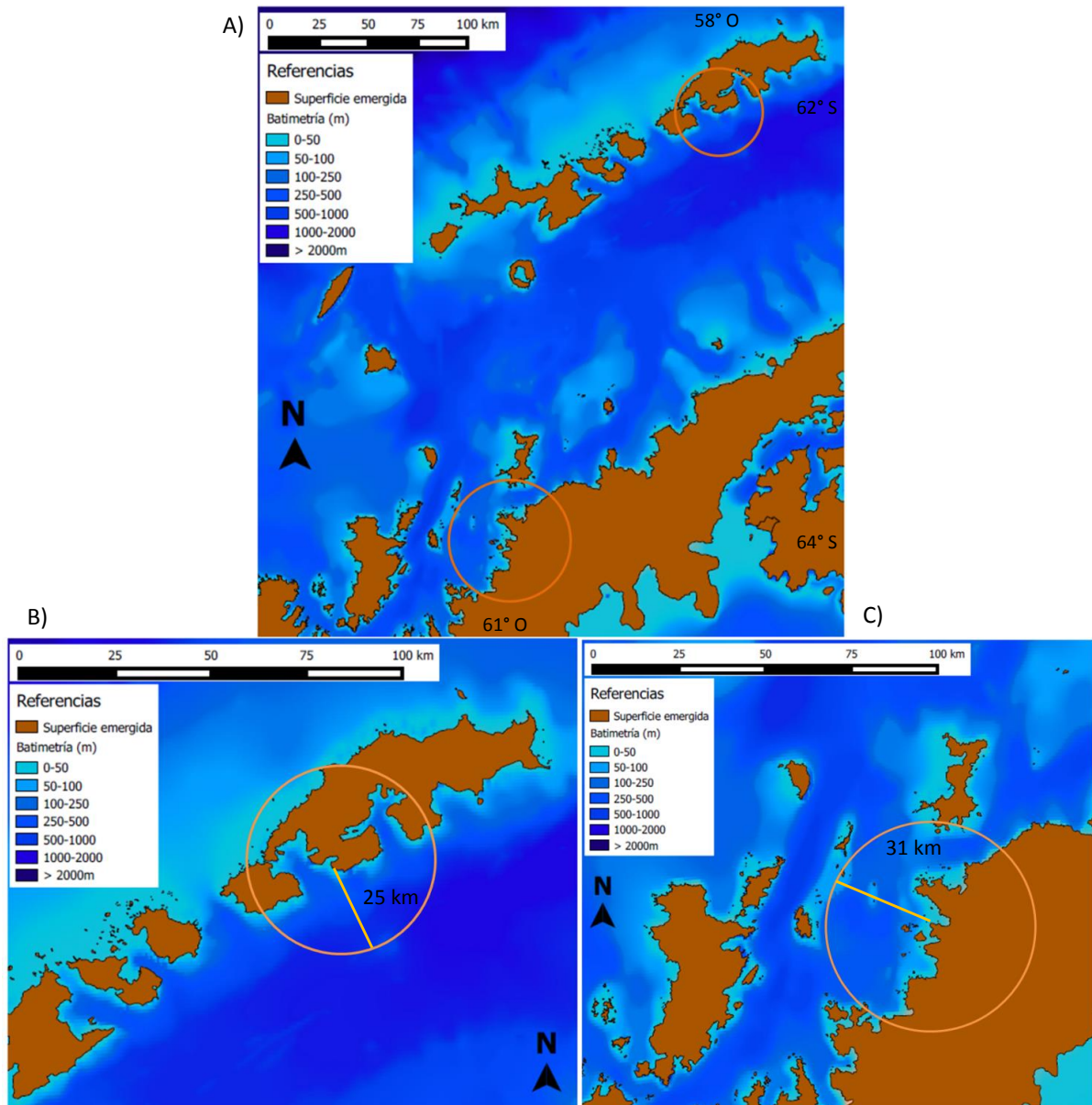


Figura 22. Áreas de alimentación estimadas del EPS. A) Vista regional de la Pla. Antártica, B) Punta Cierva, C) Península Potter. (Gráficos realizados con QGIS 2.2.0-Valmiera <http://qgis.org/>).

5.5 DISCUSIÓN

Dada la versatilidad registrada en el comportamiento de los escúas alrededor del continente antártico, es necesario incrementar los estudios del EPS, para extender y profundizar el conocimiento general de esta especie. Los resultados obtenidos en este estudio, coinciden con trabajos previos, particularmente con aquellos realizados en poblaciones ubicadas en la Península Antártica (Pietz, 1986, 1987, Hahn *et al.* 2007, 2008), aunque también revelan nuevas evidencias del impacto de la variabilidad en la disponibilidad de los recursos sobre el comportamiento de alimentación.

Los predadores tope marinos explotan un ambiente heterogéneo tanto en la escala espacial como temporal (Hunt *et al.* 1999), y en respuesta a ello pueden exhibir variaciones considerables en su ecología de alimentación o distribución en el mar (Lescroël y Bost 2005). Durante el período reproductivo, los escúas están limitados en el tiempo en que pueden ausentarse de los nidos, ya que deben retornar periódicamente para alimentar a sus pichones y/o sus parejas. Además, una de las principales causas de mortalidad en los escúas es la depredación intra-específica (Lamey 1995), por lo cual el tiempo que invierten cuidando la nidada es muy importante para asegurar la supervivencia de sus pichones. En condiciones normales, los escúas no dejan solos a sus pichones (Furness y Hislop 1981), a medida que crecen, aumenta la demanda energética y por lo tanto el esfuerzo en los cuidados parentales debe incrementarse tanto para alimentarlos como para defenderlos. Estos cuidados sólo resultan beneficiosos cuando aumentan la probabilidad de supervivencia de la nidada, sin que esto implique un costo demasiado alto para los adultos, que impacte sobre la supervivencia y su posterior reproducción (Stearns 2000).

La duración de los viajes de alimentación puede estar influenciada por las condiciones ambientales, por la disponibilidad de recursos, por los requerimientos energéticos del periodo reproductivo como así también por cambios en el comportamiento relacionados con el sexo, la experiencia y/o las habilidades individuales de los adultos. Entre las condiciones ambientales, se demostró que la cobertura de hielo marino fuerza a los escúas a realizar viajes más largos para tener acceso al alimento (Pietz 1987) y que las tormentas aumentan la duración de los viajes (Neilson 1983, en Pietz 1987). En las temporadas de estudio y en ambas localidades, no se registró cobertura de hielo marino, ni se realizaron observaciones durante los periodos de tormentas. Si bien no se descarta este último factor, las limitaciones logísticas para realizar observaciones durante estos eventos actúan como control y excluyen este factor al menos durante las fechas del muestreo.

Esfuerzo de alimentación

El esfuerzo de alimentación de las parejas reproductoras fue variable entre años, entre periodos y entre fechas. Como era esperable, las parejas aumentan el tiempo de búsqueda y obtención de alimento cuando tienen pichones, debido a los requerimientos energéticos asociados, aunque las respuestas fueron diferentes entre temporadas. Asimismo, se observó que en fechas determinadas el esfuerzo se incrementó independientemente del estatus reproductivo. Durante la temporada 2006-07, se realizaron observaciones desde el inicio hasta el final del ciclo reproductivo, con la ventaja de poder observar el comportamiento de alimentación a lo largo del periodo. Se constató un incremento en el esfuerzo parental desde la INC hacia los CP, tanto en parejas con 1P y con 2P. Paralelamente, se observó un incremento en el esfuerzo no

sólo entre periodos sino entre fechas determinadas, un aumento notable se registró el 9 y 17 de enero y también se registraron los viajes de mayor duración de todas las temporadas de estudio (hasta 15 h). Durante las temporadas 2003-04, 2004-05, 2005-06 y 2007-08, el bajo número de observaciones sugieren que las interpretaciones deben tomarse con precaución. En la temporada 2003-04, se observó que las parejas que criaban 2P invertían un tiempo significativamente mayor que las parejas que INC o con 1P, pero esto no fue observado en las otras dos temporadas con 2P (2005-06 y 2006-07). Asimismo, en las temporadas 2003-04 y 2005-06 se observaron diferencias en el esfuerzo de alimentación, ya que en fechas determinadas las parejas aumentaron o disminuyeron su actividad, independientemente del periodo reproductivo (Fig. 18).

Dada las restricciones en el tiempo en que los adultos pueden ausentarse del nido para alimentarse y equilibrar el compromiso entre obtener alimento y defender a su nidada, la variabilidad en la disponibilidad de recursos y heterogeneidad del ambiente pueden quedar enmascarados por la habilidad individual y/o por los requerimientos energéticos de cada periodo reproductivo. Sin embargo, el análisis del esfuerzo parental por pareja, indican un aumento en el esfuerzo de alimentación entre los distintos periodos reproductivos y también, una probable disminución y/o mayor abundancia de alimento en periodos cortos de tiempo, inferido de las diferencias halladas entre fechas pero no entre periodos.

Duración de los viajes de alimentación y frecuencia diaria

En todas las temporadas de estudio y para ambas localidades, se observó que la actividad de forrajeo del EPS ocurre principalmente durante el día mientras que en los periodos de oscuridad, ambos individuos de la pareja permanecen en el nido, coincidiendo con lo reportado por Pietz (1986). La duración de los viajes de alimentación dependió del periodo reproductivo en distintos años (Tabla 18), coincidiendo parcialmente con los estudios realizados por Pietz (1987), que señala diferencias entre periodos y sexos. En este trabajo, en general la duración de los viajes no fue significativamente diferente entre sexos (excepto la temporada 2003-04), esto puede deberse en parte a la amplia variabilidad individual observada (Tabla 17) o por el contrario a la necesidad de proteger la nidada, que limita la cantidad de tiempo en que los adultos de ambos sexos pueden ausentarse del nido. Durante la INC del año 2006-07, la duración de los viajes de alimentación fue significativamente menor que en el resto de las temporadas (Tabla 17). Al mismo tiempo, durante los CP de este mismo año, se registraron los viajes de forrajeo más largos de todas las temporadas (hasta 15 horas ausentes del nido). Paralelamente, el análisis de la frecuencia diaria muestra, como es esperable, que durante la INC los machos realizan más viajes que las hembras. Durante los CP, la frecuencia diaria es similar entre machos y hembras, particularmente en las parejas que crían un pichón. No obstante,

cuando crían dos pichones y por ende aumentan los requerimientos energéticos, son únicamente los machos los que incrementan la frecuencia. Estos resultados coinciden con lo observado en *Stercorarius skua* donde la tasa de retorno y el peso de los machos declinan con la edad, sugiriendo que el mayor esfuerzo y el costo energético asociado, lo realizan los mismos (Hamer y Furness 1991). Sin embargo, Caldow y Furness (2000) señalan que en periodos de estrés, inferido por dejar a los pichones solos en los nidos, es la hembra la que incrementa el esfuerzo. Durante el período de CP, se observó una mayor variación en el porcentaje de presencia de hembras en el nido, respecto de los machos (Tabla 17). En la exploración gráfica de los datos, si bien no se hallaron diferencias significativas durante los CP, las hembras realizan en promedio viajes de mayor duración que los machos. Es factible considerar que este patrón de diferentes estrategias entre sexos, podría ser detectado con un número mayor de muestras.

Relación entre la dieta y el comportamiento de alimentación

La disponibilidad de alimento es uno de los mayores factores que regulan las poblaciones marinas (Lewis *et al.* 2009), especialmente en aquellas especies que tienen baja depredación inter-específica y por esto la performance reproductiva ha sido utilizada para evaluar la disponibilidad de alimento en un periodo puntual y en un área de alimentación determinada (Phillips *et al.* 2004). Sin embargo, entre los diferentes aspectos de la biología de estas especies, distintos autores consideran que el tiempo invertido en la alimentación puede ser considerado como el mejor indicador de los cambios en la accesibilidad al recurso alimentario, ya que debe ajustarse a mantener el equilibrio energético en diferentes condiciones (Hamer *et al.* 1991, Catry *et al.* 1998).

Se determinaron variaciones tanto en el esfuerzo de alimentación entre periodos y fechas, como así también en la frecuencia de los viajes entre periodos y sexos, y en menor medida en la duración de los mismos. En la temporada 2003-04, se observó que el esfuerzo parental varió significativamente entre fechas pero no entre periodos. Hacia principios de febrero el esfuerzo parental fue menor que en fechas previas independientemente de si eran parejas con huevo o con pichones. Esto sugiere una mayor disponibilidad de alimento, inferido también, porque en esas mismas fechas (del 28/1 al 3/2) se encontraron en 11 oportunidades, restos de alimentos en los nidos y se registraron los mayores pesos de los regurgitados de los pichones. En la temporada 2005-06 también se observaron diferencias en el esfuerzo parental entre fechas; a mediados de enero, la inversión de tiempo fue significativamente menor que en los días posteriores. Durante la temporada 2005-06, se registraron los mayores pesos en los lavados estomacales y se recolectaron 17 sesiones de alimentación entre el 11 y 20 de enero y el peso promedio de los regurgitados de los pichones fue similar a la temporada 2003-04.

En la temporada 2006-07, el esfuerzo parental durante la INC fue menor que para el resto de las temporadas, mientras que durante los CP fue el mayor registrado para todos los años. Además, durante los días 9 y 17 de enero, aumenta significativamente el esfuerzo parental respecto de las fechas previas, tanto en el esfuerzo de alimentación (Fig. 19) como en la duración de los viajes. En particular el 17 de enero se registró la mayor cantidad de pichones solos. Del conjunto de esta información se infiere que al inicio de la temporada las condiciones podrían haber sido favorables y en el avance de la misma, la disponibilidad de alimento debió haberse reducido drásticamente, inferido por el incremento de la duración de los viajes, independientemente de su periodo reproductivo y la mortalidad de los pichones registrada (Cap. VI).

La temporada 2007-08 resultó atípica, el esfuerzo de alimentación fue similar entre periodos reproductivos (Fig. 18-d). Durante la INC se registraron los viajes de mayor duración de todas las temporadas (Tabla 17) y también fueron mayores que durante los CP. No se observaron diferencias en la frecuencia entre periodos o sexos. Además el peso de los regurgitados de los pichones fue el más bajo de todas las temporadas, por ello se infiere que fue un período de condiciones adversas.

En Pta. Cierva, en la temporada 2007-08 se observó que en la INC los machos realizaron más viajes que las hembras y al igual que lo observado en Pla. Potter, los viajes fueron, en promedio, de mayor duración que durante los CP (Tabla 20), aunque no se observaron diferencias significativas. Durante las observaciones en 3 oportunidades se registraron pichones solos. Asimismo, los pesos de los regurgitados de los pichones fueron los más bajos de todas las temporadas. Si bien, no se puede comparar con otras temporadas para la misma localidad, el conjunto de la información de los viajes de forrajeo y dieta de los pichones sugieren una menor disponibilidad de alimento para los escúas durante esta temporada.

En conclusión, a partir del análisis del esfuerzo parental y la duración y frecuencia de los viajes de forrajeo, se comprobó la alta heterogeneidad del ambiente y las fluctuaciones en la disponibilidad de alimento, en particular si esta información se analiza en conjunto con la información de la dieta.

Áreas de alimentación

Hahn *et al.* (2008) estimaron que en Pla. Potter, el área de alimentación era de 22,3 km a partir de la costa, calculada a partir del promedio de la duración viajes para dos temporadas. En este trabajo, en base a la duración de los viajes de cuatro temporadas, se determinó que el área de alimentación del EPS en Pla. Potter, si se considera la moda de la frecuencia, es de aproximadamente 24,5 km y si se considera el promedio de la duración de los viajes de

alimentación, es de 44 km. Debido a la variabilidad observada entre periodos y temporadas, se considera que la moda de la frecuencia es la medida más representativa para la determinación del área de alimentación. Asimismo, estos resultados coinciden con las estimaciones realizadas para las poblaciones del mar de Ross (20 km, Young 1994). En Pta. Cierva, el área de alimentación estimada es 32,6 km, si se considera la moda de la frecuencia y de 43,6 km si se considera el promedio de la duración de los viajes. Estas diferencias con respecto a Pla. Potter y a otras regiones podría deberse, en parte, porque la estimación se realizó en base a una sola temporada, donde se observó una probable baja disponibilidad de alimento y además porque la zona del Estrecho de Gerlache, caracterizada por fiordos y bahías, provee un mayor resguardo frente a los vientos durante la búsqueda de alimento.

Electrona antarctica y *P. antarcticum* constituyeron las principales presas de la dieta en el EPS. La plataforma continental antártica se divide en una zona costera, desde las aguas poco profundas hasta 110 m, que incluye el litoral, caletas y fiordos y una zona de aguas abiertas, que abarca desde los 110 m hasta los 450 m de profundidad, donde termina la plataforma continental. La presencia de *E. antarctica* es abundante en mar abierto y frecuente en las aguas abiertas de la plataforma, mientras que *P. antarcticum* es abundante en las aguas abiertas de la plataforma y frecuente en zonas pelágicas, es decir que ambas especies son abundantes en el límite de la plataforma (Barrera Oro 2002). En base a mapas batimétricos se estimó la extensión de la plataforma, en relación con la distancia a la costa. En Pla. Potter el límite de la plataforma ocurre entre los 250 y 450 metros, de acuerdo con ello, se extiende aproximadamente hasta 11 km de la costa. En el oeste de la Península Antártica, la plataforma se extiende hasta alrededor de 200 km de ancho, con profundidades promedio de 430 m. El fin de la plataforma está definido por una pendiente aguda entre los 750 y 3000 metros. En esta zona hay numerosas islas, bahías y fiordos a menudo interconectados por canales con profundidades de 900 m. El estrecho de Gerlache donde se localiza Pta. Cierva tiene una extensión de 53,7 km y la plataforma se extiende al Este de la misma (Ducklow *et al.* 2012). Se observó que los escúas viajan directamente hacia el mar, en ambas localidades, en Pla. Potter, los vuelos fueron en dirección Sur-Suroeste coincidiendo con Hahn *et al.* (2008) y no se han observado vuelos en dirección Norte (hacia el pasaje del Drake), mientras que en Pta. Cierva, la dirección fue Oeste, o Suroeste, pero no se registraron viajes hacia el interior de la Península (dirección Este). Dado que los escúas están limitados en el tiempo en que pueden ausentarse del nido, es probable que eviten atravesar zonas donde no pueden obtener alimento, el pasaje del Drake en el caso de Pla. Potter, las aguas abiertas más allá del Estrecho de Gerlache en Pta. Cierva, o que eviten las zonas de mar abierto donde no hay resguardo de los vientos (Hahn *et al.* 2008).

Barrera Oro (2002), señala que la presencia de peces pelágicos como *P. antarcticum* y los mictófidios puede estar subestimada en aguas costeras, ya que estas especies han sido

halladas en la dieta de diferentes aves costeras como *O. oceanicus* y *S. vittata*, pero no se han registrado en muestreos de peces. Este autor también propone una relación similar para el EPS. Consistente con esta hipótesis, Favero y Coria (2007), observaron a escúas en agregaciones de aves alimentándose a una distancia no mayor a los 8 km de la costa en Pta. Cierva. Asimismo, Hahn *et al.* (2008), estimaron que el EPS es una especie que se alimenta principalmente en aguas costeras. Coincidiendo con estos autores, en base a la duración y orientación de los viajes y considerando que las áreas de forrajeo corresponde a las distancias máximas recorridas, se concluye que el EPS es una especie que se alimenta en aguas costeras. Por otra parte, en base a la elevada frecuencia de ocurrencia de *E. antarctica* y *P. antarcticum* en la dieta, coincidimos con la hipótesis de que estas especies se encuentran en zonas costeras con una abundancia mayor a la registrada en los estudios de peces.

Consideraciones finales

El desarrollo de la tecnología en las últimas décadas, ha llevado a la creación de nuevas herramientas, como los rastreadores de posicionamiento. Estos instrumentos, sin dudas, brindarán una información más completa de la ecología de alimentación, a lo largo de todo el periodo reproductivo, y con un menor esfuerzo de muestreo. No obstante, en el caso de los rastreadores de seguimiento satelital, el costo de los mismos sigue siendo muy elevado y difícil de adquirir, mientras que los rastreadores de almacenamiento (GPS), requieren la recaptura de las aves para recuperar la información, y en una especie como el EPS, esto presupone algunas dificultades.

Por otro lado, las observaciones *in situ*, requieren un esfuerzo de muestreo mayor y están limitadas por condiciones climáticas adversas. Además, dado que los escúas nidifican en colonias laxas (Young 1994), el número de parejas que se pueden observar es en general bajo. No obstante ello, sólo a partir de las observaciones fue posible identificar los momentos en que los pichones no eran cuidados por sus padres (reflejando una probable menor disponibilidad de alimento), o por el contrario, cuando los pichones recibían más alimento del que podían consumir (en base a los restos de alimento hallados en los nidos).

En conclusión, se comprobó que aún con un número bajo de observaciones, fue posible identificar diferencias en el esfuerzo de alimentación y frecuencias diarias entre periodos, como así también fechas de baja disponibilidad de alimento, en particular si estos resultados son analizados en conjunto con la información de la dieta (Cap. III) y de la reproducción (Cap. VI). Las observaciones realizadas con una frecuencia semanal, como en el 2006-07, pueden ser una opción adecuada para futuros estudios.

CAPÍTULO VI

RELACIÓN ENTRE LA ECOLOGÍA TRÓFICA Y EL ÉXITO REPRODUCTIVO

“May the Force be with you”

Star Wars

6.1 ANTECEDENTES

En Antártida, existe un periodo limitado donde las condiciones climáticas y la disponibilidad de alimento son favorables para la reproducción de las aves marinas. Los cambios climáticos registrados en el oeste de la Península Antártica, como el aumento de la temperatura en los últimos 50 años, la retracción del hielo marino y el aumento de la frecuencia de tormentas, pueden influenciar sobre los ciclos de vida de las especies. Sin embargo, no se pueden establecer relaciones lineales simples, ya que todas las aves marinas dependen en mayor o menor medida del medio marino, por ejemplo, la reducción del hielo está asociado con menores densidades de kril (Loeb *et al.* 1997) lo cual repercute directamente sobre las especies dependientes de este recurso, como los pingüinos (Trivelpiece *et al.* 2011) y peces; e indirectamente sobre especies como los escúas que se alimentan de ellos.

En los sistemas marinos, numerosos predadores tope se especializan en tipos de presas particulares. Las poblaciones y especialmente la performance reproductiva son potencialmente vulnerables a cambios en la disponibilidad de presas (Croxall *et al.* 1999) ya que estas aves, deben volver regularmente a las colonias a alimentar a sus pichones. Debido a que los recursos marinos se distribuyen de forma heterogénea y a distancias variables de las colonias (Trathan *et al.* 2006), el costo energético invertido en la adquisición de recursos durante la reproducción puede ser muy elevado. De este modo, la disponibilidad de alimento es uno de los principales factores que regulan las poblaciones marinas (Lewis *et al.* 2009) particularmente en aquellas especies que experimentan una baja predación por parte de otras especies o que nidifican en islas (Hahn *et al.* 2003).

La cronología y el éxito reproductivo de los escúas, que es generalmente bajo, están influenciados por distintos factores (Young 1994, Reinhardt 1998). Se pueden identificar factores extrínsecos o ambientales como la extensión del hielo marino (Pietz 1986, Parmelee 1978), tormentas (Wood 1971) y disponibilidad de alimento (Trivelpiece *et al.* 1990, Hahn *et al.* 2007) y otros factores que son propios de los individuos como la edad de reproducción y la experiencia (Ainley *et al.* 1990, Ritz *et al.* 2005). En el EPS se ha determinado que el tamaño de los huevos y el inicio temprano de la reproducción pueden reflejar condiciones favorables al comienzo de la temporada (Pietz 1986, Ainley *et al.* 1990), mientras que la performance reproductiva y en especial el crecimiento de los pichones pueden ser un indicador sensible de las condiciones ambientales locales durante el periodo de cuidados parentales (Ricklefs 1983, Cairns 1987, Montevecchi 1993, Boersma y Parrish 1998).

Los parámetros poblacionales no son estáticos, cambian con el tiempo y al analizarlos de manera comparativa permiten interpretar las respuestas de las poblaciones a los cambios climáticos y a las consecuencias que de ellos derivan e impactan en el ecosistema antártico. Las

curvas de crecimiento reflejan las interrelaciones entre el impulso (inherente o intrínseco) de crecer y madurar y del ambiente en donde esos impulsos se expresan. El ambiente está integrado por niveles individuales de productividad, cantidad y calidad del alimento consumido y el esfuerzo requerido para localizarlo, consumirlo y digerirlo. Por tanto, los factores bióticos y abióticos independientes del crecimiento del pichón son: régimen de alimentación, condiciones climáticas, experiencia de los padres, edad, sexo y constitución de los pichones. La importancia relativa de estos factores está determinada por la especie de interés y el ambiente donde se desarrolla (Ritz *et al.* 2005), no obstante cuando la disponibilidad de alimento es moderada o baja, el crecimiento de los pichones es un útil indicador de estas condiciones (Cairns 1987).

En este capítulo se analizarán distintos aspectos de la reproducción, como la cronología reproductiva, el número de parejas que comienzan la reproducción y el volumen de los huevos, todos como indicadores de las condiciones al inicio de la reproducción. Para evaluar la variabilidad en la disponibilidad de alimento entre temporadas, se utilizará el análisis del éxito reproductivo general y el crecimiento de los pichones, especialmente en el peso.

6.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- ✓ Analizar distintos parámetros reproductivos como indicadores de las condiciones ambientales generales durante la reproducción.
- ✓ Evaluar la relación entre la ecología trófica y el éxito reproductivo.



Figura 23. Imágenes de mediciones de huevos, de pichones pequeños y volantes del EPS, en Pla. Potter.

6.3 MATERIALES Y MÉTODOS

Los parámetros reproductivos fueron estimados en las temporadas 2003-04 a 2007-08, en Pla. Potter y Pta. Cierva (Tabla 21). Por problemas de operatividad, sólo se pudo arribar a la Base Primavera, en Pta. Cierva, durante el verano, cuando los escúas ya han iniciado la temporada reproductiva.

Tabla 21. Períodos de muestreos en Pla. Potter y Pta. Cierva.

	Pla. Potter	N (días)	Pta. Cierva	N (días)
2003-04	3/12/03 al 14/03/04	102	Sin datos	
2004-05	Sin datos		23/01/05 al 21/03/05	51
2005-06	3/12/05 al 1/3/06	88	6/01/06 al 10/02/06	35
2006-07	4/10/06 al 1/3/07	148	15/1/07 al 6/03/07	50
2007-08	11/11/07 al 25/2/08	106	21/01/08 al 29/02/08	39

6.3.1 Cronología reproductiva

En cada temporada, desde el arribo a cada localidad, se recorrió el terreno identificando las parejas reproductoras presentes en cada territorio de nidificación. Dado el asincronismo de la especie, todos los territorios fueron visitados cada 4 días, por lo tanto en los años que se arribó al área antes del inicio de la reproducción, se asume que el arribo de las parejas sucedió en el momento que fueron vistos por primera vez. En Pla. Potter, se monitoreó toda la población mientras que en Pta. Cierva, se delimitó un área de muestreo y los nidos fueron identificados con estacas.

En cada fecha de muestreo se registró el número de nidos, la cantidad de huevos y pichones. La cronología reproductiva fue estimada a partir de la cantidad de nidos con huevo/s, y nidos pichón/es. La edad de emancipación considerada por distintos autores, es entre los 47 días (Reid 1966) y los 50-55 días (Ritz *et al.* 2005). En este trabajo se consideró a los pichones de 47 días y que comenzaban a intentar volar, como pichones emancipados o volantones, que posteriormente sólo fueron avistados desde lejos para evitar un potencial disturbio.

6.3.2 Volumen de los huevos

La primera vez que se observaron huevos en los nidos, se registraron las medidas de largo y ancho (calibre Vernier $\pm 0,01$ mm) y el peso (Pesola® de 300 x 2 gr). Los huevos fueron marcados con grafito con el número 1 y 2 según su aparición, en el caso de hallarlos al mismo tiempo, se diferenciaron como A y B. Posteriormente, siempre que fue posible, se determinó si

se trataba del primero o segundo en la puesta, en base al nacimiento del pichón. El volumen del huevo fue calculado como $\text{Volumen (cm}^3\text{)} = 0,00048 \times \text{largo} \times \text{ancho}^2$ (Hahn *et al.* 2007).

6.3.3 Éxito reproductivo

El éxito reproductivo se analizó a partir de los siguientes parámetros reproductivos: el tamaño de la nidada, el éxito de la eclosión (número de pichones nacidos/huevos puestos), número de pichones emplumados/pichones nacidos, número de pichones emplumados/huevos puestos y éxito reproductivo general (ERG), medido como el número de pichones emplumados por pareja reproductora.

6.3.4 Crecimiento individual

Durante el nacimiento, los pichones de cada nidada fueron identificados con anillos plásticos de colores (primero y segundo). Los nidos fueron visitados con una periodicidad de 4 días, durante cada visita, se tomaron medidas de la cabeza y el tarso de los pichones con calibre ($\pm 0,1\text{mm}$), mientras que el ala, fue medida al inicio con calibre y posteriormente con regla ($\pm 1\text{mm}$) y pesados (con Pesola® de 300 x 2 gr. y 2500 x 20 gr), siempre que fue posible desde el nacimiento hasta que los pichones comenzaron a volar. En cada visita se registró:

- Largo de la cabeza: desde el cóndilo occipital a la punta del pico.
- Cuerda del ala: distancia desde la articulación carpal hasta la punta de la primaria más larga.
- Tarso: distancia desde la articulación intertarsal, hasta la articulación con la base del dedo medio, en diagonal.
- Peso de los pichones.

Siguiendo a Ritz *et al.* (2005) y O'Connor (1984), las curvas de crecimiento se ajustaron al modelo logístico (sigmoideo)

$$Y = A / (1 + \exp(-k * (x - t_0)))$$

Donde los factores son:

A = asíntota de cada variable respuesta (peso, ala, tarso, cabeza)

k = constante de crecimiento

T₀ = punto de inflexión de la curva de crecimiento de cada variable respuesta (peso, ala, tarso, cabeza)

El ajuste del modelo se evaluó a partir del porcentaje de la varianza explicada para cada curva individual analizada.

6.3.5 Análisis estadístico

El promedio del volumen del primer y segundo huevo de cada nido fue comparado con un T-test pareado y la comparación del volumen de los huevos, entre años y localidades fue

realizada con un Modelo lineal Generalizado (GLM). El éxito reproductivo fue analizado mediante un test de X^2 aplicando una corrección de continuidad (corrección de Yates).

Con respecto a las curvas de crecimiento, para cada variable (cabeza, ala, tarso, peso), se comparó interanualmente el valor máximo alcanzado previo a la emancipación (A) y la tasa de crecimiento general (K) mediante un Modelo Lineal Generalizado (GLM) de un factor (año) y entre localidades con un GLM de dos factores (año y localidad). Posteriormente a la obtención y análisis de cada parámetro, se estimó el período en el cual el crecimiento de los pichones es acelerado (lineal) en base a las curvas modelizadas y al chequeo visual en cada curva individual para corroborar la relación lineal. Se calculó la tasa de crecimiento de los pichones como la pendiente de la recta de regresión lineal de cada variable (cabeza, ala, tarso, peso).

Para el crecimiento lineal, cada variable respuesta (cabeza, ala, tarso, peso) del tamaño corporal fue analizada en un diseño Split-plot que tiene en cuenta medidas repetidas en cada individuo a diferentes edades. Se utilizó la suma de cuadrados secuencial (SS) en el modelo GLM irrestricto:

$$Y = \text{edad} | \text{individuo (temporada)}$$

Se estableció Temporada como un factor fijo con 2 o 3 niveles (dependiendo de las temporadas disponibles para cada variable respuesta) y un factor aleatorio Individuo anidado en Temporada. El factor Edad fue establecido como factor fijo y cruzado, y es una co-variable lineal ya que representa el periodo de crecimiento lineal de los pichones (particular de cada variable respuesta).

Se testeó la homogeneidad de varianza (Test de Levene) y la distribución normal (Test Anderson-Darling). Todos los valores medios son presentados con su desvío estándar (de), salvo que se indique lo contrario. El valor de significancia fue de $P < 0,05$.

6.4 RESULTADOS

6.4.1 Cronología reproductiva

El arribo a la colonia fue determinado en Pla. Potter, durante las campañas 2006-07 y 2007-08. Durante la primera semana de octubre de 2006, las parejas de EP fueron las primeras aves en arribar para reproducirse en cercanías de las colonias de pingüinos y se las observó alimentándose de la placenta de elefantes marinos. En el caso del EPS, el primer individuo fue avistado el 23 de octubre, en la zona cercana a la base y al día siguiente éste y otro ejemplar fueron avistados en sus territorios reproductivos. En la Fig. 24 se observa que el número de territorios ocupados aumenta a fines de octubre y entre el 14 y 18 de noviembre, fechas previas

al inicio de la puesta, existe un pico de ocupación, llegando a un 72% de la totalidad de nidos ($N=74$). Para la temporada 2007-08, los primeros ejemplares ocupando el territorio fueron avistados a partir del 12 de noviembre, a fines del mismo mes se observa un aumento en la ocupación y para el 10 de diciembre, la visita anterior a la aparición de huevos, el 80% de los territorios estaba ocupado.

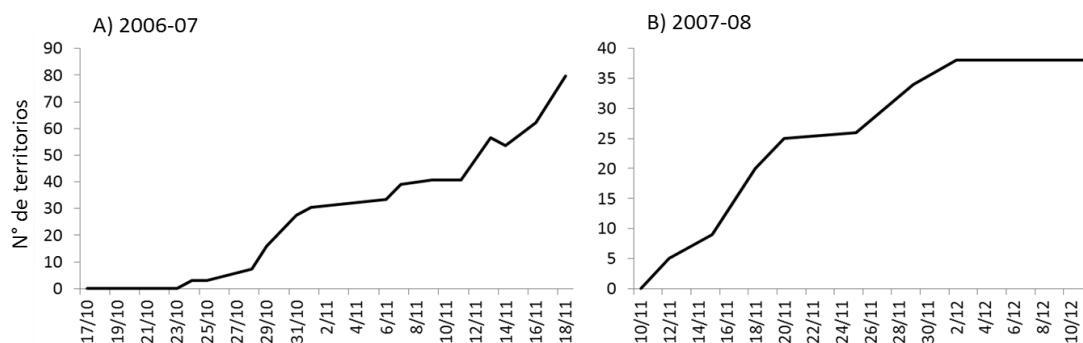


Figura 24. Fechas de arribo del EPS, en Pla. Potter, durante la temporada 2006-07 y 2007-08 determinada en base a la ocupación de los territorios de nidificación.

La cronología reproductiva fue muy variable, con una dispersión en el inicio de la puesta entre 3 a 4 semanas (Fig. 25). En las temporadas 2003-04 y 2005-06, se retro calculó la fecha de puesta, considerando 28 días de incubación (Pietz 1987) y se estimó que el inicio de la puesta comenzó el 1 de diciembre y 21 de noviembre, respectivamente (Tabla 22). En 2006-07 el primer huevo fue registrado el 21 de noviembre y en la temporada 2007-08, la puesta de huevos comienza a mediados de diciembre. Esta es la fecha más tardía registrada para las cuatro temporadas.

Tabla 22. Descripción de los eventos de la cronología del EPS en Pla. Potter

	2003-04	2005-06	2006-07	2007-08
Arribo			23/10/06	11/11/07
Inicio Puesta	1/12/03	21/11/05	21/11/06	18/12/07
Pico de Puesta	30/12/03	26/12/05	20-21/12/06	15-19/01/08
Inicio Eclosión	29-31/12/03	18/12/05	18/12/06	19/01/07
Pico de eclosión	1/02/03	23/01/06	12/01/07	8/02/08
Inicio Emplume	21/02/04	4/02/06	9/02/07	24/02/08

En términos generales, se pueden identificar dos temporadas donde la reproducción comienza alrededor del 21 de noviembre (2005-06 y 2006-07) y dos temporadas donde comienza desde al menos 10 días después (2003-04) hasta 4 semanas más tarde (2007-08).

Se registró una relación significativa entre el inicio de la reproducción y las fechas de temperaturas medias del mes de octubre; en los años más fríos el inicio de la puesta se retrasó ($F_{(3,4)} = 497,35$; $P = 0,002$; $r^2 = 0,99$).

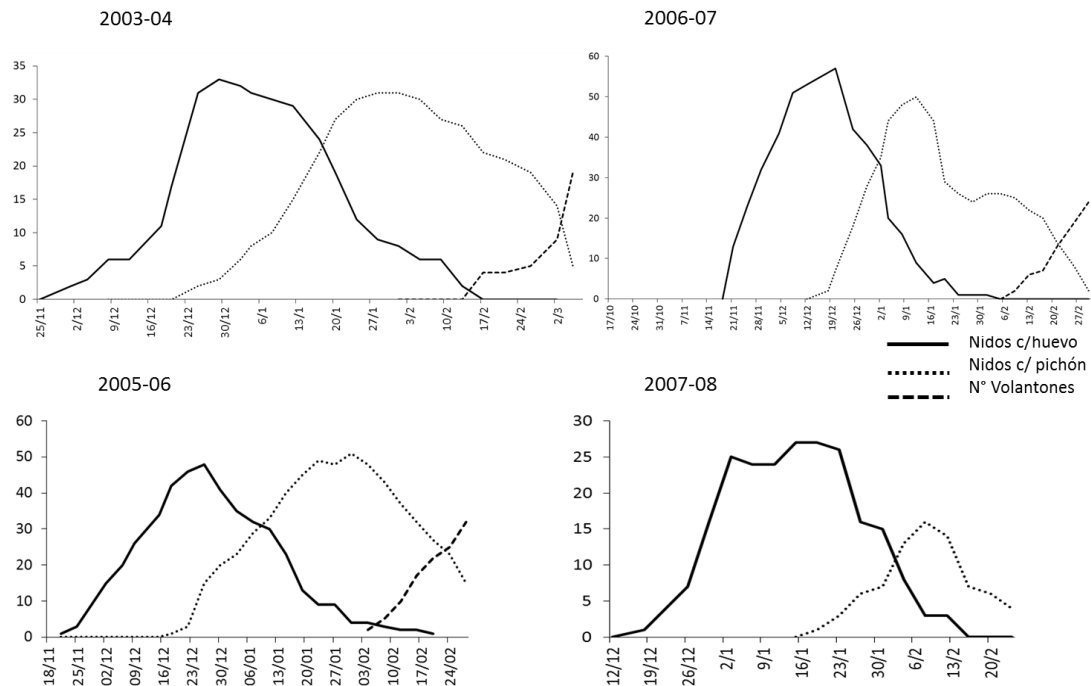


Figura 25. Cronología reproductiva del EPS, en Pla. Potter.

6.4.2 Volumen de los huevos

Península Potter

Considerando el volumen promedio de todos los huevos se observó un incremento del volumen desde 2003-04 a 2006-07 y un menor volumen en el 2007-08 (Tabla 23).

Tabla 23. Estadística descriptiva del volumen de los todos los huevos para ambas localidades (de: desvío estándar).

	Pla. Potter				Pta. Cierva			
	2003-04	2005-06	2006-07	2007-08	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08
N	44	116	136	62		204	74	216
Promedio	81,28	83,27	85,30	81,21	----	81,83	79,86	79,90
De	6,31	6,24	6,47	6,06	----	5,69	6,66	5,90
Mínimo	67,07	70,36	71,67	64,75	----	66,10	66,68	67,08
Máximo	101,15	101,05	103,45	94,04	----	97,87	94,51	100,94

Se realizó un primer análisis con los huevos donde fue posible determinar fehacientemente si se trataba del primero o segundo huevo. A excepción de la temporada 2003-04 (T- test pareado $P = 0,264$; $N = 9$), en todas las temporadas hubo diferencias significativas entre el primer y segundo huevo (2005-06 T-test pareado $P < 0,001$ $N = 16$; 2006-07 T-test

pareado $P < 0,001$ $N = 35$; 2007-08 T-test pareado $P < 0,001$ $N = 9$). Si bien en la temporada 2003-04 el porcentaje de segundos huevos con un volumen mayor es elevado, dado que en las 3 temporadas siguientes, el primer huevo fue generalmente mayor que el segundo, se asumió que el primer huevo es el de mayor volumen. Se realizó una comparación entre los primeros huevos de cada temporada y se registraron diferencias significativas en el volumen del primer huevo entre temporadas ($F_{(3,67)} = 4,11$; $P = 0,01$) en particular entre el año 2003-04 y el año 2006-07 ($H = 11,71$ g.l= 3 $P = 0,008$ media: 80,7 mm y media 87,6 mm respectivamente).

Punta Cierva

Para todas las temporadas de estudio, el volumen del primer huevo es significativamente mayor que el segundo (2005-06 $T_{(87)} = 13,75$ $P < 0,001$; 2006-07: $T_{(27)} = 8,50$ $P < 0,001$; 2007-08: $T_{(64)} = 2,96$ $P = 0,004$). Se compararon los primeros huevos de cada temporada y no se hallaron diferencias significativas entre sus tamaños ($F_{(2, 177)} = 2,61$; $P = 0,076$).

6.4.3 Éxito reproductivo

Península Potter

El éxito reproductivo fue estimado durante las temporadas 2003-04 a 2007-08, con la excepción de la temporada 2004-05 (Tabla 24). El éxito reproductivo fue variable entre temporadas, en todas las etapas analizadas (Tabla 24 y 25). En el caso del tamaño de la nidada, en la temporada 2006-07 se registró la mayor proporción de nidos con dos huevos y en la temporada 2007-08 la mayor proporción de nidos con un huevo. En esta última temporada, se monitorearon 44 nidos, a pesar de que el número de parejas o individuos solos que ocuparon su territorio fue de 66. Los 22 territorios restantes, en 11 se registraron cambios de parejas, y en los otros 11, ambos individuos se encontraron en el territorio, pero no se registró puesta de huevos.

En relación con el éxito en la eclosión, no hubo diferencias entre las temporadas 2003-04 y 2005-06, donde eclosionaron entre un 65 y 75% de los huevos, ni entre 2006-07 y 2007-08 donde eclosionaron entre un 42 y 59%, pero si en las restantes comparaciones (Tabla 25). En cambio, la relación entre los pichones emplumados/pichones nacidos y pichones nacidos/huevos fue altamente variable y significativamente diferente entre temporadas, con la excepción de las temporadas 2006-07 y 2007-08 (pichones emplumados/pichones nacidos) (Tabla 25).

El ERG fue variable entre temporadas (rango 0,02 a 0,99), en la temporada 2005-06 se observó uno de los éxitos reproductivos más altos registrados en el área de estudio y en 2007-08 se registró un éxito reproductivo cercano a 0.

En síntesis, durante las temporadas 2005-06 y 2006-07, se registró un mayor número de nidos, en particular en 2006-07 un mayor número de nidos con dos huevos y una amplia variabilidad en las distintas etapas del ciclo reproductivo, siendo la temporada 2005-06, el año donde mayor número de pichones alcanzan a emplumar. En 2006-07, la mortalidad de huevos/pichones fue muy elevada en un periodo acotado de la temporada (Fig. 26) mientras que la temporada 2007-08, se observó a un menor número de parejas que comienzan la reproducción, un mayor número de nidos con un huevo y un muy bajo éxito reproductivo general.

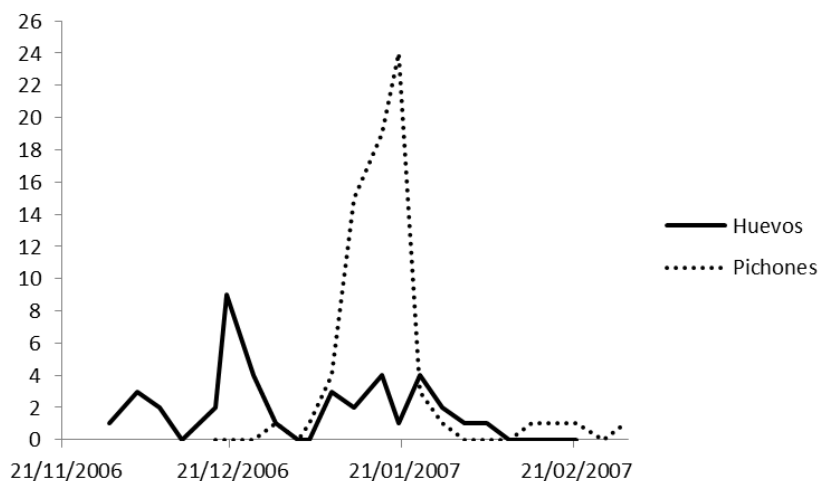


Figura 26. Mortalidad de huevos y pichones, expresados como valores totales por día (no acumulados). Número de huevos (línea continua) y número de pichones (línea de puntos).

Punta Cierva

El éxito reproductivo fue estimado durante las temporadas 2004-2005 a 2007-2008 (Tabla 24). En la temporada 2004-05, el muestreo finalizó el 21 de marzo y el número de pichones vivos sin emplumar fue de 10 mientras que durante la temporada 2005-06 el muestreo finalizó el 10 de febrero y el número de volantones potenciales fue de 120. La temporada 2006-07 finalizó el 6 de marzo y los volantones potenciales fueron 26. En la temporada 2007-08, los muestreos se extendieron hasta fines de febrero y se registraron 75 pichones vivos, pero sin emplumar. De esta manera, el tiempo limitado de muestreo junto a la alta variabilidad en la cronología y adicionando la alta mortalidad del EPS, sugieren que los resultados del éxito reproductivo deben ser tomados con precaución. En la Tabla 24, se presentan los resultados estimados de las distintas etapas reproductivas, en el caso particular de Pta. Cierva, se consideró el éxito reproductivo, basado en el número de pichones emancipados y el éxito reproductivo estimado, considerando los volantones potenciales.

No se hallaron diferencias en el tamaño de la nidada entre las temporadas 2004-05 y 2007-08, ni entre las temporadas 2005-06 y 2006-07, en cambio se registraron diferencias en las

restantes comparaciones. En síntesis se observó que durante las temporadas 2005-06 y 2006-07, la proporción de nidos con dos huevos fue mayor (Tabla 25).

Con respecto al éxito en la eclosión, en la temporada 2004-05, nacieron un número de pichones significativamente menor que en las otras temporadas, mientras que en el resto de las temporadas no se encontraron diferencias entre sí. Al igual que en Pla. Potter el éxito en la eclosión es en general bajo. La proporción de pichones que nacieron del total de nidos fue más bajo para las temporadas 2004-05 y 2007-08.

El ERG durante las distintas temporadas fue variable. Si bien se realizaron comparaciones entre temporadas (Tabla 25), dada la alta mortalidad de los pichones del EPS y que los muestreos finalizaron con más de 30 días de diferencia entre temporadas, se considera que estos son resultados parciales.

Tabla 24. Éxito reproductivo del EPS en Pla. Potter y Pta. Cierva. ** Se indican entre paréntesis los resultados considerando los volantones potenciales

	Pla. Potter				Pta. Cierva			
	2003-04	2005-06	2006-07	2007-08	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08
NIDOS CON UN HUEVO	19	23	5	28	60	30	14	90
NIDOS CON 2 HUEVOS	26	45	69	16	34	94	55	69
Nidos no determinados					53		38	11
Total nidos	45	68	74	44	~147	~124	~107	~170
TOTAL HUEVOS	71	113	143	60	207	218	162	239
TOTAL NIDOS 2º PUESTA	4	4	6	1				
TOTAL PICHONES NACIDOS	46	85	84	25	111	158	123	160
PICHONES MUERTOS	17	20	60	21	84	32	52	79
VIVOS PERO SIN EMPLUMAR (potenciales volantones)	4	2	6	3	10	120	26	75
Total nidos con 2 pichones emancipados	2	18	1	0	2	Sin determinar	2	0
TOTAL VOLANTONES	25	63	18	1	17	6	45	6
TAMAÑO DE LA NIDADA	1,578	1,662	1,932	1,364	1,408	1,758	1,514	1,41
ÉXITO DE ECLOSIÓN (pichones nacidos/huevos)	0,648	0,761	0,587	0,417	0,536	0,725	0,759	0,669
VOLANTONES/PICHONES	0,543	0,733	0,214	0,040	0,153 (0,252**)	0,038 (1,016**)	0,366 (0,577**)	0,038 (0,506**)
VOLANTONES/HUEVOS	0,352	0,558	0,126	0,017	0,082 (0,135**)	0,028 (0,578**)	0,278 (0,438)	0,025 (0,339**)
PICHONES/NIDOS	1,022	1,265	1,136	0,568	0,755	1,274	1,150	0,941
ÉXITO REPRODUCTIVO GENERAL (volantones/nidos)	0,566	0,926	0,243	0,023	0,116 (0,190**)	0,048 (1,016**)	0,421 (0,664**)	0,035 (0,476**)

Tabla 25. Comparación del éxito reproductivo del EPS en Pla. Potter y Pta. Cierva.

Pla. Potter							Pta. Cierva						
1) Proporción de nidos con 1 huevo/2 huevos													
	2003-04		2005-06		2006-07			2004-05		2005-06		2006-07	
	x^2	P	x^2	P	x^2	P		x^2	P	x^2	P	x^2	P
2005-06	0,17	0,683					2005-06	33,04	0,0001				
2006-07	19,71	0,0001	14,73	0,0001			2006-07	28,7	0,0001	0,19	0,660		
2007-08	3,28	0,070	8,41	0,0037	41,54	0,0001	2007-08	1	0,318	28,65	0,0001	24,14	0,0001
2) Proporción de nidos con pichones que nacieron en relación con el número de huevos puestos													
	2003-04		2005-06		2006-07			2004-05		2005-06		2006-07	
	x^2	P	x^2	P	x^2	P		x^2	P	x^2	P	x^2	P
2005-06	2,15	0,1425					2005-06	15,44	0,0001				
2006-07	14,63	0,0001	37,67	0,0001			2006-07	18,53	0,0001	0,41	0,523		
2007-08	14,41	0,0001	28,13	0,0001	1	0,3162	2007-08	7,71	0,0055	1,40	0,237	3,33	0,068
3) Proporción de nidos con pichones que emplumaron en relación con los pichones que nacieron													
	2003-04		2005-06		2006-07			2004-05		2005-06		2006-07	
	x^2	P	x^2	P	x^2	P		x^2	P	x^2	P	x^2	P
2005-06	4,01	0,0453					2005-06	9,64	0,0019				
2006-07	13,1	0,0003	43,7	0,0001			2006-07	12,48	0,0004	47,87	0,0001		
2007-08	15,59	0,0001	35,27	0,0001	2,95	0,0861	2007-08	9,85	0,0017	0,070	0,786	48,55	0,0001
4) Proporción de pichones que emplumaron en relación con el número de huevos puestos													
	2003-04		2005-06		2006-07			2004-05		2005-06		2006-07	
	x^2	P	x^2	P	x^2	P		x^2	P	x^2	P	x^2	P
2005-06	6,57	0,0104					2005-06	5,16	0,0231				
2006-07	13,75	0,0002	52,4	0,0001			2006-07	23,51	0,0001	47,96	0,0001		
2007-08	20,94	0,0001	46,89	0,0001	4,72	0,0297	2007-08	6,25	0,0124	0,02	0,896	53,28	0,0001

6.4.4 Curvas de crecimiento

Se contabilizaron 792 pichones nacidos durante todas las temporadas en ambas localidades, se trazaron curvas de crecimiento (N: 728) para las 4 variables respuesta (cabeza, ala, tarso y peso) en 201 pichones (Tabla 26). Las curvas se construyeron en aquellos casos en que los pichones alcanzaron al menos 25 días de vida (en general al menos 7 mediciones), en base al ajuste del modelo evaluado a partir del porcentaje de la varianza explicada para cada curva individual analizada. Debido a la alta mortalidad de pichones registrada en Pla. Potter, en la temporada 2007-08, se obtuvo un bajo número de curvas, mientras que no pudieron realizarse para las temporadas 2004-05 y 2005-06 de Pta. Cierva.

En las curvas obtenidas con los datos registrados en Pla. Potter para todas las temporadas, ajustadas al modelo logístico, el valor promedio de r fue 0,999 para la cabeza ($\pm 0,001$) y el porcentaje de la varianza explicada fue de 99,79% ($\pm 0,20$), para el ala el valor promedio de r fue de 0,998 ($\pm 0,002$) y el ajuste al modelo fue de 99,55% ($\pm 0,37$), para el tarso el valor promedio de r fue de 0,997 ($\pm 0,003$) y el porcentaje de la varianza explicada fue de 99,33% ($\pm 0,611$) y para el peso, el valor promedio de r fue 0,998 ($\pm 0,002$) y el porcentaje de la varianza explicada fue de 99,58% ($\pm 0,36$).

En Pta. Cierva para todas las curvas (temporadas 2006-07 y 2007-08) ajustadas al modelo logístico, el valor promedio de r para la cabeza fue de 0,999 ($\pm 0,0001$) y el porcentaje de la varianza explicada fue de 99,85% ($\pm 0,096$); para el ala el valor promedio de r fue de 0,999 ($\pm 0,001$) y la varianza explicada de 99,72% ($\pm 0,22$), para el tarso el valor promedio de r fue de 0,998 ($\pm 0,0018$) y la varianza explicada de 99,65% ($\pm 0,38$) y para el peso el valor promedio de r fue de 0,999 ($\pm 0,001$) y la varianza explicada de 99,75% ($\pm 0,22$). Se determinó la tasa de crecimiento (K) y los valores asintóticos (A), para cada año y localidad (Tabla 26).

Comparación del crecimiento de los pichones primero, segundo y pichón único

Península Potter

No se registraron diferencias en la tasa del crecimiento (K) y el valor asintótico (A) entre el primer y segundo pichón o pichón único para ninguna de las variables respuesta durante las temporadas 2003-04 y 2005-06 ($P > 0,05$). En la temporada 2006-07 el valor asintótico (A) de la cabeza y el tarso fueron significativamente diferentes entre el pichón único respecto del primer y segundo pichón ($H_{(2,45)} = 10,60$; $P = 0,005$; $F_{(2,39)} = 5,97$; $P = 0,006$ respectivamente) pero no así la tasa de crecimiento (K) ($H_{(2,45)} = 5,53$; $P = 0,063$; $F_{(2,39)} = 3,15$; $P = 0,055$ respectivamente). A su vez, no existieron diferencias en el valor asintótico del ala y el peso ($F_{(2,28)} = 0,78$; $P = 0,467$; $H_{(2,45)} = 2,99$; $P = 0,224$) ni en la tasa de crecimiento ($F_{(2,28)} = 2,10$; $P =$

0,143; $H_{(2,45)} = 1,52$; $P = 0,468$). En la temporada 2007-08, debido al bajo número de pichones y a la alta mortalidad, sólo se pudieron estimar las curvas de crecimiento de 6 pichones, que fueron pichones únicos.

Punta Cierva

La tasa de crecimiento y el valor asintótico de la cabeza, ala y peso de los pichones 1, 2 y pichón único no fueron diferentes para la temporada 2006-07 (todos los $P > 0,05$) pero si existieron diferencias en el largo del tarso (A: $F_{(2,36)} = 7,99$; $P = 0,001$) y la tasa de crecimiento (K: $F_{(2,36)} = 4,82$; $P = 0,014$), entre el primer y segundo pichón y pichón único; el segundo pichón tiene un tarso significativamente más largo que el primer pichón ($T = 3,94$; $P = 0,001$) y el pichón único ($T = -3,348$ $P = 0,005$) no obstante puede deberse al bajo número de muestras ($N = 3$). En la temporada 2007-08 se estimaron las curvas de crecimiento de 8 pichones, y todos fueron pichones únicos.

Comparación del crecimiento individual entre temporadas

Península Potter

La comparación se realizó entre los primeros pichones o pichón único de las temporadas 2003-04, 2005-06 y 2006-07, se excluyó la temporada 2007-08 dado el bajo número de curvas en relación con las temporadas previas. No existieron diferencias en el valor asintótico de la cabeza, tarso ni peso entre las tres temporadas ($P > 0,05$) pero si en la tasa de crecimiento (K) de las tres variables respuestas (Cabeza: $F_{(2,109)} = 18,51$ $P < 0,001$; Tarso: $F_{(2,113)} = 25,35$ $P < 0,001$; Peso: $F_{(2,111)} = 4,79$ $P = 0,010$). En general la tasa de crecimiento es mayor en el 2005-06 que en 2003-04 y 2006-07, en esta última temporada la tasa de crecimiento siempre es menor (Pos-hoc Cabeza: 2003 vs 2005 ($T = 2,69$; $P = 0,02$); 2003 vs 2006 ($T = -2,572$; $P = 0,03$); 2005 vs 2006 ($T = -6,069$; $P < 0,001$); Tarso: 2003 vs 2005 ($T = 2,481$; $P = 0,038$); 2003 vs 2006 ($T = -3,554$; $P = 0,0016$); 2005 vs 2006 ($T = -7,114$; $P < 0,001$); Peso: 2003 y 2005 sin diferencias; 2005 vs 2006 ($T = -2,963$; $P = 0,010$). En resumen, durante la temporada 2005-06, la tasa de crecimiento de la cabeza y del tarso es mayor que durante la temporada 2003-04, pero no existieron diferencias en la tasa de crecimiento en peso. En la temporada 2006-07 la tasa de crecimiento de la cabeza, tarso y el peso de los pichones es significativamente más lenta que en 2003-04 y 2005-06 y si bien sus tamaños asintóticos son menores, estas diferencias no son significativas entre temporadas (Tabla 26).

El ala se comparó entre las temporadas 2005-06 y 2006-07 y se hallaron diferencias entre ambas temporadas en el valor asintótico A ($F_{(1,73)} = 8,29$; $P = 0,005$) pero no en la constante de crecimiento K ($F_{(1,73)} = 1,81$; $P = 0,182$). Durante la temporada 2006-07, el tamaño del ala de los pichones es mayor, a pesar de que no se registraron diferencias en la tasa de crecimiento.

Punta Cierva

Sólo se utilizaron el primer pichón o pichón único. Tanto el crecimiento de la cabeza como el peso, alcanzaron valores mayores en 2006-07 que en el 2007-08 pero la tasa de crecimiento fue menor en el 2006-07 que en el 2007-08 (Cabeza: A: $F_{(1,43)} = 33,12$ $P < 0,001$) y la tasa de crecimiento (K: $F_{(1,43)} = 17,97$; $P < 0,0001$). Peso asintótico (A: $F_{(1,38)} = 34,52$; $P < 0,001$) y la tasa de crecimiento (K: $F_{(1,38)} = 22,94$; $P < 0,001$). El valor asintótico del crecimiento del ala y el tarso no fue diferente entre temporadas ($F_{(1,35)} = 2,70$; $P = 0,109$; $F_{(1,41)} = 1,93$; $P = 0,172$ respectivamente), como así tampoco la tasa de crecimiento ($F_{(1,35)} = 1,64$; $P = 0,21$; $F_{(1,41)} = 3,48$; $P = 0,069$ respectivamente).

Tabla 26. Parámetros de crecimiento de la cabeza, ala, tarso y peso de pichones del EPS en A) Pla. Potter y B) Pta. Cierva desde el nacimiento hasta la emancipación (promedio y el desvío estándar). A = asíntota, K = tasa de crecimiento, B= constante, N= nro. de curvas.

A) Pla. Potter

	Cabeza				Ala				Tarso				Peso			
	K	A (mm)	B	N	K	A (mm)	B	N	K	A (mm)	B	N	k	A (gr)	B	N
2003-04	0,074 (0,01)	105,7 (3,68)	4,17 (1,13)	27	--	--	--	--	0,13 (0,02)	67,86 (3,36)	4,84 (1,19)	27	0,15 (0,01)	1203,82 (117,82)	18,32 (1,58)	27
2005-06	0,079 (0,01)	106,62 (4,02)	4,34 (1,14)	74	0,12 (0,01)	332,55 (17,91)	24,90 (1,68)	67	0,13 (0,02)	68,63 (3,23)	5,09 (1,52)	72	0,15 (0,01)	1193,93 (197,02)	17,84 (1,85)	73
2006-07	0,072* (0,01)	106,59* (6,17)	5,61* (1,91)	45	0,12 (0,01)	343,35 (24,68)	29,98 (3,14)	30	0,11 (0,02)	67,75 (4,20)	6,67* (1,62)	44	0,15 (0,04)	1168,88* (233,35)	19,96 (4,42)	45
2007-08	0,076 (0,01)	97,23 (4,62)	2,6 ^a (0,33)	6	--	--	--	--	0,11 (0,02)	69,75 (7,58)	6,1 (2,08)	6	0,14 (0,02)	1143,31 (238,45)	18,58 (3,79)	6

^a: resultados obtenidos con bajo número de pichones

*: diferencias significativas

B) Pta. Cierva

	Cabeza				Ala				Tarso				Peso			
	K	A (mm)	B	N	K	A (mm)	B	N	K	A (mm)	B	N	k	A (gr)	B	N
2006-07	0,07 (0,01)	109,42 (4,32)	5,52 (1,67)	39	0,12 (0,01)	323,84 (28,29)	27,88 (2,80)	35	0,11 (0,03)	70,45 (4,77)	6,24 (1,83)	40	0,13 (0,02)	1292,47 (151,8)	19,83 (3,35)	35
2007-08	0,08 (0,01)	100,39 (3,7)	3,57 (0,89)	8	0,12 (0,01)	344,2 (38,31)	25,52 (2,62)	4	0,12 (0,03)	70,02 (8,25)	5,65 (2,18)	9	0,16 (0,02)	1041,52 (142,51)	16,32 (1,93)	9

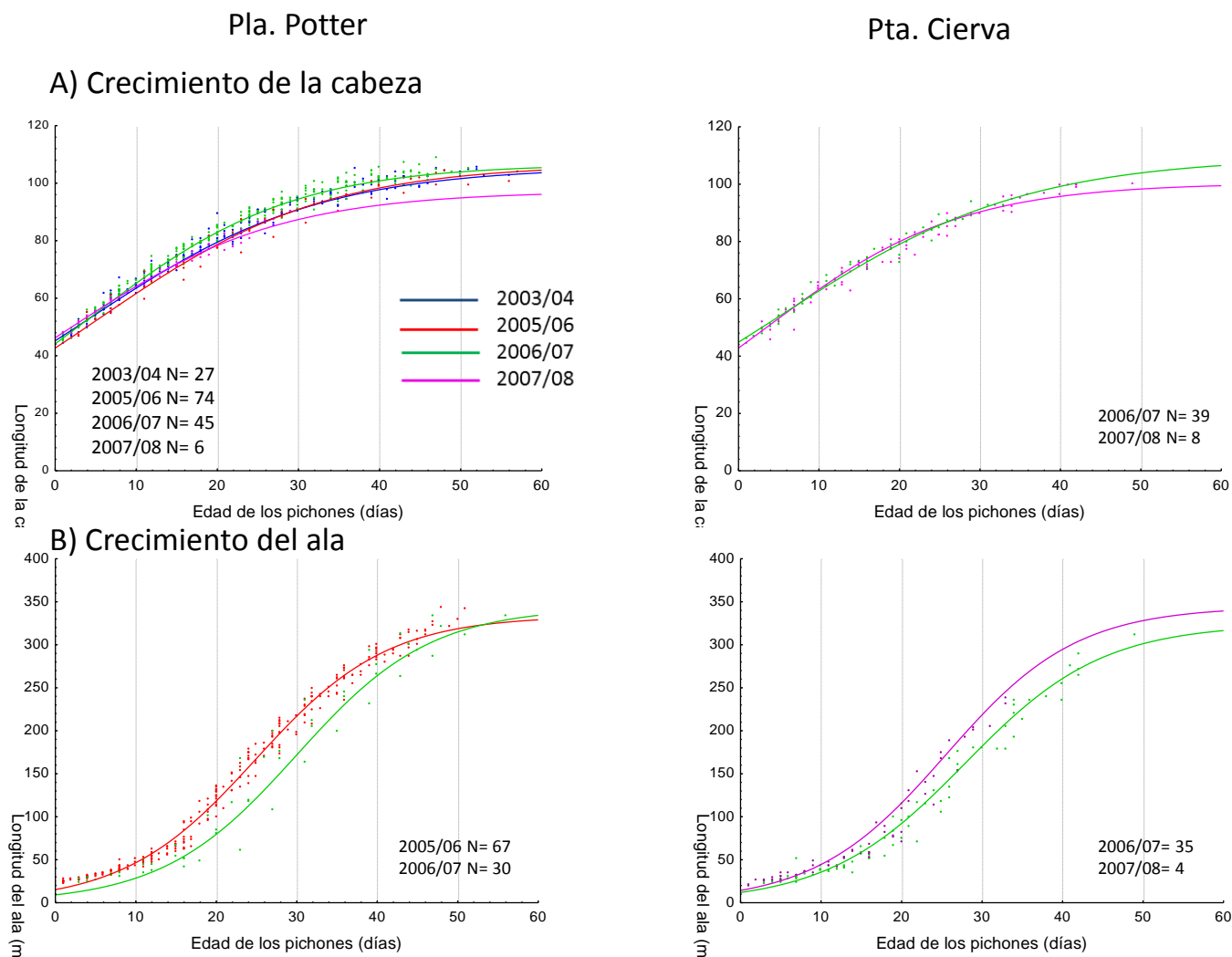


Figura 27. Curvas de crecimiento modeladas de la cabeza (A) y del ala (B) del EPS, desde el nacimiento hasta la emancipación, en Pla. Potter y Pta. Cierva.

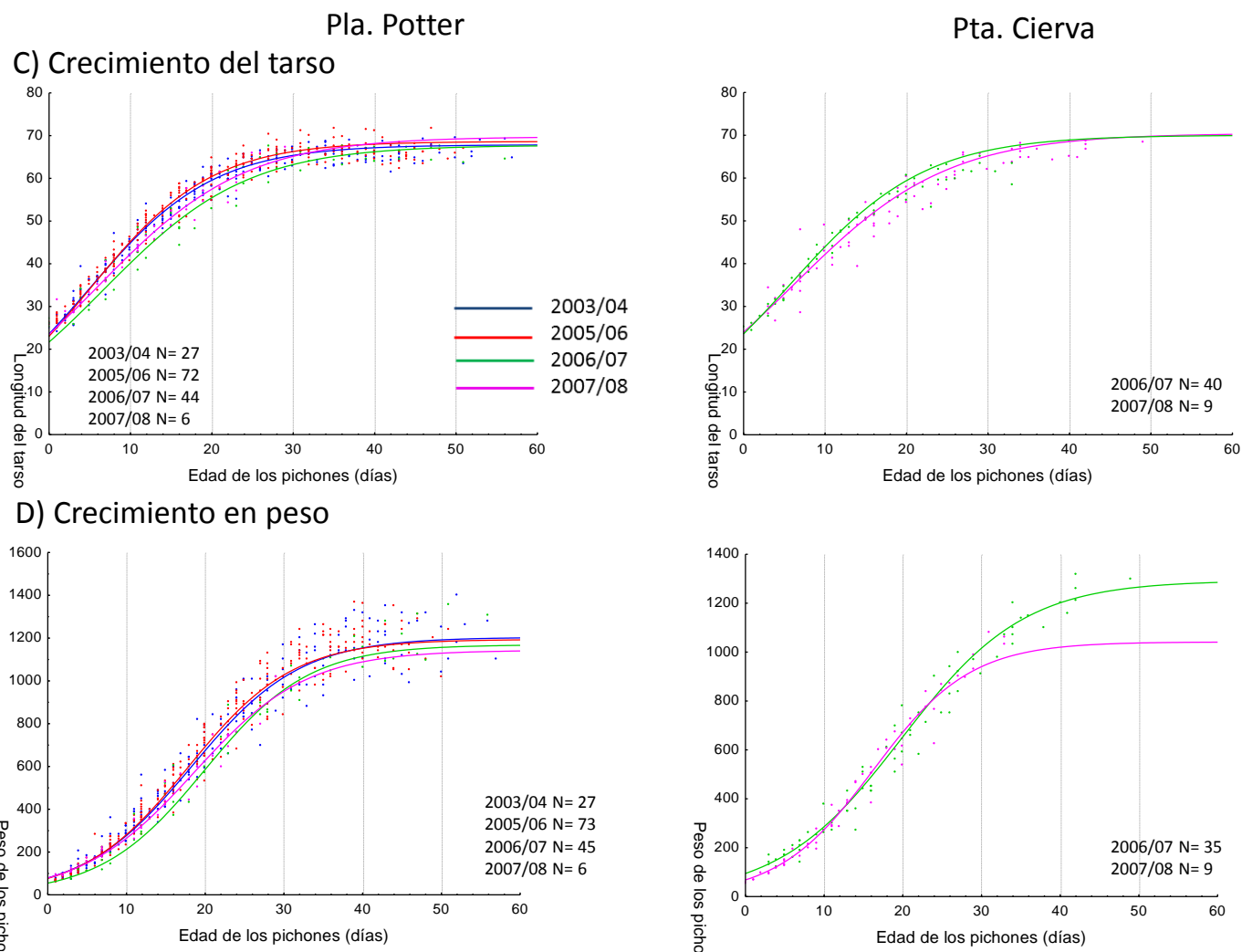


Figura 27(cont.). Curvas de crecimiento modeladas del tarso (C) y del peso (D) del EPS, desde el nacimiento hasta la emancipación, en Pla. Potter y Pta. Cierva.

Crecimiento lineal

El crecimiento de la cabeza se incrementó linealmente entre 0 y 20 días, el crecimiento del ala entre los 20 y 35 días, el crecimiento del tarso entre 0 y 15 y el peso entre los 10 y 25 días de vida de los pichones (Fig. 27). Para cada variable se calculó la tasa de crecimiento diario (mm/día, gr/día), estimada como la pendiente de la regresión lineal en el periodo de crecimiento lineal.

La comparación del crecimiento lineal para cada variable respuesta (Análisis Split plot) se realizó para el primer pichón de cada nidada o los pichones únicos. Se excluyeron del análisis a los segundos pichones, ya que en general el número fue bajo y además en la temporada 2006-07 tuvieron una tasa de crecimiento menor.

Comparación del crecimiento lineal entre temporadas

Península Potter

El crecimiento de la cabeza fue significativamente diferente para la interacción Edad*temporada ($F_{(2,650)} = 14,09$; $P < 0,001$), durante la temporada 2005-06 los pichones crecieron más rápidamente que en las otras dos temporadas (6,4% más rápido que en 2006-07 $t_{(650)} = 5,50$; $P < 0,001$) (Fig. 27). La tasa de crecimiento diario estimado como la pendiente de la regresión lineal, fue mayor en el 2005-06 (1,91 mm/día), que para las temporadas 2003-04 y 2006-07 y 2007-08 donde la tasa de crecimiento diario fue de 1,85 mm/día y 1,68 mm/día y 1,62 mm/día respectivamente.

El crecimiento del ala fue significativamente diferente para la interacción Edad*temporada ($F_{(1,280)} = 11,91$; $P < 0,001$), durante la temporada 2005-06 los pichones crecieron más lentamente que en la temporada 2006-07 (-9,4% más lento que en 2006-07 $t_{(280)} = -12,14$; $P < 0,001$) (Fig. 27). La tasa de crecimiento diario estimado como la pendiente de la regresión lineal, fue menor en el 2005-06 (8,75 mm/día), que para la temporada 2006-07 (9,67 mm/día).

El crecimiento del tarso fue significativamente diferente para la interacción Edad*temporada ($F_{(2, 463)} = 27,43$; $P < 0,001$), durante la temporada 2005-06 los pichones crecieron ligeramente más rápido que en las temporadas 2003-04 (2,3 % más rápido que en 2003-04 $t = 0,88$; $P = 0,380$) y significativamente más rápido que 2006-07 (15,4% más rápido que en 2006-07 $t = 6,71$; $P < 0,001$) (Fig. 27). La tasa de crecimiento diario estimado como la pendiente de la regresión lineal, fue de 1,92 mm/día, 2,06 mm/día y 1,74 mm/día respectivamente.

El crecimiento de los pichones en peso fue significativamente diferente para la interacción Edad*temporada ($F_{(2,531)} = 8,02$; $P < 0,001$). Durante la temporada 2005-06 los pichones tuvieron un mayor peso que durante la temporada 2006-07 (355% más que durante la temporada 2006-07) (Fig. 27). La tasa de crecimiento diaria estimada fue de 38,65 gr/día durante el 2003-04; 41,52 gr/día durante el 2005-06; 33,87 gr/día durante la temporada 2006-07 y 38,68 gr/día durante el 2007-08.

Punta Cierva

El crecimiento de la cabeza fue significativamente diferente para la interacción edad*temporada ($F_{(1,159)} = 7,07$; $P < 0,009$). El crecimiento de la cabeza fue menor en el 2006-07 (-5,8% $t = 77,98$; $P < 0,001$), que en la temporada 2007-08 (Fig. 27). La tasa de crecimiento diario entre los 0 y 20 días fue de 1,63 mm/día y 1,72 mm/día respectivamente.

El crecimiento del ala fue significativamente diferente para la interacción edad*temporada ($F_{(1,149)} = 10,44$; $P < 0,002$). En promedio el crecimiento del ala entre los 20 y 35 días difirió entre temporadas ($F_{(1,41)} = 10,44$; $P = 0,002$). La tasa de crecimiento diario entre los 20 y 35 días fue de 8,22 mm/día y 10,08 mm/día respectivamente.

El crecimiento del tarso fue significativamente diferente para la interacción edad*temporada ($F_{(1,167)} = 7,80$; $P < 0,006$). El crecimiento del tarso fue menor en el 2006-07 (-6,06% $t = 2,46$; $P = 0,015$) que en la temporada 2007-08 (Fig. 27). La tasa de crecimiento lineal diario entre los 0 y 15 días fue de 1,55 mm/día para el 2006-07 y 1,69 mm/día para el 2007-08.

El peso de los pichones no fue significativamente diferente para la interacción edad*temporada ($F_{(1,144)} = 1,01$; $P = 0,318$) y tampoco entre temporadas ($F_{(1,44)} = 0,10$; $P = 0,750$) (Fig. 27). La tasa de crecimiento lineal diario (entre los 10 y 25 días) fue de 35,82 gr/día y 37,27 gr/día.

6.5 DISCUSIÓN

Si bien existen limitaciones para acceder al área de estudio durante los meses de primavera y verano que dificultan realizar un análisis que abarque la totalidad del periodo reproductivo, fue posible establecer de manera directa el inicio de la reproducción en dos de las cuatro temporadas en Pla. Potter y se proveen los primeros resultados acerca de la fecha de arribo y la ocupación de los territorios de nidificación en el área.

Cronología y éxito reproductivo

Las especies que habitan en áreas con gran variabilidad ambiental presentan, en general, fluctuaciones en la fecha de puesta y en el crecimiento de los pichones (Montevecchi 1993). Se ha demostrado que ante una mayor disponibilidad de alimento, el EPS puede adelantar la edad de primera reproducción, la fecha de puesta y un mayor número de individuos comienza la reproducción (Pietz 1987, Ainley *et al.* 1990). Además se ha observado un aumento en el tamaño de la nidada y en el volumen de los huevos (Pietz 1987, Trivelpiece *et al.* 1990), un mejor crecimiento de los pichones (Hamer *et al.* 1991) y finalmente un incremento del éxito reproductivo general (Crawford y Dyer 1995).

Condiciones al inicio de la reproducción

El inicio de la reproducción es especialmente importante en la Antártida, donde las condiciones favorables están restringidas a un corto intervalo de tiempo. En Pla. Potter la cronología fue muy variable, similar a lo registrado en otras localidades (Pietz 1987, Reinhardt 1997). En los años en los que se pudo determinar la fecha de arribo (2006-07 y 2007-08), la diferencia entre temporadas fue de 20 días, mientras que considerando las 4 temporadas la variabilidad en el inicio de la puesta fue de 27 días (entre el 21 de noviembre y el 18 de diciembre). De las 4 temporadas observadas, se registró que en el 2005-06 y 2006-07 el inicio de la puesta fue anterior y se observó un mayor número de parejas al comienzo de la reproducción (Tabla 23). En estas temporadas también, el tamaño promedio del primer huevo de la nidada fue mayor que en las temporadas 2003-04 y 2007-08.

Diferencias en el tamaño del primer y segundo huevo, han sido consideradas como sutiles indicadores de las condiciones pre-reproductivas en los escúas. Pietz (1987) observó que durante las temporadas donde la cobertura de hielo densa obligó a los escúas a realizar viajes de alimentación más largos, el tamaño del segundo huevo fue significativamente menor. En la zona de Pla. Potter, para los meses en que los escúas comienzan la reproducción (noviembre/diciembre), no se registró cobertura de hielo densa. No se pudo establecer la relación entre el primer y segundo huevo y las condiciones ambientales, ya que en 3 de las 4 temporadas analizadas, el primer huevo fue significativamente mayor y otros indicadores como el inicio de la reproducción o el número de parejas reproductoras fueron diferentes. No obstante, considerando el volumen promedio de todos los primeros huevos para cada temporada, se observa que durante el 2006-07 el volumen de los huevos es mayor, sin diferencias significativas con la temporada 2005-06 y 2007-08, pero si con la temporada 2003-04. Junto con esta observación, 2005-06 y 2006-07 son las temporadas donde se registró un mayor número de parejas reproductoras activas, y un inicio más temprano de la puesta, relacionado con

temperaturas menos extremas que en las otras dos temporadas. De esta manera, el inicio temprano de la puesta, el mayor número de parejas reproductoras y el mayor volumen de los huevos en promedio, sugieren que las condiciones iniciales durante el 2005-06 y 2006-07 fueron favorables para la reproducción. En el 2003-04 y 2007-08, se observaron condiciones desfavorables, con temperaturas más frías y un menor número de parejas reproductivas, y el volumen de los huevos de la temporada 2003-04 significativamente diferente de la temporada 2006-07. En el extremo se encuentra la temporada 2007-08 que a priori, parecería ser poco favorable, inferido por el comienzo tardío de la reproducción, las temperaturas más bajas registradas (en promedio -3°C) y el menor número de parejas que comienzan la puesta, aun estando presentes en el territorio.

En Pta. Cierva, no se observaron estas diferencias en el volumen de los huevos entre temporadas, que podría sugerir condiciones previas más homogéneas entre temporadas. No obstante, al no poseer información detallada de las fechas de arribo, formación y número de parejas al comienzo de la reproducción, resulta arriesgado extender las conclusiones, particularmente porque los escúas pueden preda activamente sobre los nidos de sus vecinos (Young 1994, obs. personales), por lo cual es correcto considerar que la pérdida de huevos/pichones ocurre frecuentemente (Reinhardt 1997).

Condiciones durante la reproducción

El análisis del éxito reproductivo en las distintas etapas reproductivas (eclosión, emplume y éxito reproductivo general) puede ser útil para identificar la existencia de algún momento de mayor vulnerabilidad durante la temporada o entre temporadas. Se determinó que entre las temporadas muestreadas, tanto el éxito reproductivo general como el de las distintas etapas fue variable. Al igual que lo reportado por Reinhardt (1997), en ambas localidades el ERG en general fue bajo y significativamente diferente entre todas las temporadas, en Pla. Potter en promedio fue de 0,44 (0,023-0,926) y en Pta. Cierva en promedio fue de 0,155 (0,035-0,421). En Pla. Potter, el ERG registrado en la temporada 2005-06 fue el más alto registrado en este trabajo y uno de los más altos de la bibliografía, sólo superado por el 1,44 señalado en el año 2001 (Ritz *et al.* 2005). El ERG en Pta. Cierva en el 2004-05 fue bajo, similar al registrado en Pla. Potter en 2007-08. En las restantes temporadas, no se pudo determinar si la razón del bajo éxito reproductivo estaría ligada a la finalización temprana de la temporada de estudio.

Las demandas de energía asociadas al crecimiento del pichón, son con seguridad, mayores que aquellas relacionadas con la incubación. Es por ello, que el efecto de una disponibilidad de alimento diferente entre temporadas será más marcada durante esta etapa. A pesar de las condiciones desfavorables al inicio de la reproducción durante el 2003-04, el ERG

fue de 0,555, un valor mayor al promedio registrado para Pla. Potter. En esta temporada se observó que el esfuerzo parental en la búsqueda de alimento disminuyó significativamente entre fechas pero no entre periodos. Hacia principios de febrero el esfuerzo parental fue menor que en fechas previas independientemente de si las parejas estaban incubando o criaban pichones (Cap. V). En paralelo, durante la visita periódica a los nidos, se encontraron en 11 oportunidades, restos de alimentos en los nidos. Estos eventos se registraron desde el 28/1 al 3/2 (Cap. III). Asimismo, los pesos de los regurgitados de los pichones fueron similares a los de la temporada 2005-06 y significativamente mayores respecto de la temporada 2007-08. Del conjunto de esta información se infiere que durante el periodo de CP la disponibilidad de alimento fue el factor que determinó un éxito reproductivo superior al promedio de todas las temporadas.

Las condiciones favorables observadas al inicio de la reproducción en 2005-06 y 2006-07, parecieran no ser homogéneas en el tiempo a lo largo de las temporadas. Se observó que el tamaño de la nidada y la cantidad de pichones nacidos no fue diferente entre estos años, sin embargo, el número de pichones emplumados de aquellos nacidos fue significativamente mayor durante el 2005-06. En la temporada 2005-06, se registraron diferencias en el esfuerzo parental entre fechas, a mediados de enero, la inversión de tiempo fue significativamente menor que en los días posteriores (Cap. V). También durante esta temporada se registraron los mayores pesos en los lavados estomacales, mientras que el peso de los regurgitados de pichones fue similar a la temporada 2003-04 y se colectaron 17 sesiones de alimentación entre el 11 y 20 de enero (Cap. III). En la temporada 2005-06 el ERG (0,99) y el peso de pichones emancipados más alto de las temporadas de estudio, en conjunto con la información de la dieta y comportamiento de alimentación sugieren condiciones favorables en relación con la disponibilidad de alimento a lo largo de toda la temporada.

En la temporada 2006-07, se registró el mayor número de individuos anidantes, un inicio temprano de la reproducción y el tamaño del huevo fue el mayor de todas las temporadas. Paralelamente, el esfuerzo parental, en la búsqueda de alimento durante la INC, fue menor que para el resto de las otras temporadas (Cap. V). Sin embargo, un bajo éxito de eclosión (similar al 2007-08) una disminución en el peso de los pichones y una alta mortalidad durante el crecimiento, sugieren una menor disponibilidad de alimento en un periodo corto de tiempo, que tuvo un importante efecto sobre la reproducción. En el EPS, el filicidio y la predación intra-específica son algunas de las causas de mortalidad habituales (Pezzo *et al.* 2001), por ello los adultos rara vez abandonan a sus pichones cuando estos son pequeños. Sin embargo, se ha registrado que durante periodos de escasez de alimento ambos adultos pueden ausentarse del nido en busca de alimento (Pietz 1987). Durante los muestreos no fue habitual encontrar pichones pequeños solos, excepcionalmente se registraron unos pocos en las temporadas 2004-

05 y 2006-07 (Cap. V). Durante un periodo de tiempo muy corto, entre el 13 y 21 de enero de 2007, se registró una elevada mortalidad de pichones ($N = 58$), aproximadamente 20 nidos por visita, como así también el 13 de enero se hallaron 2 nidos con pichones sin adultos (un nido con un pichón de 15 días de vida y otro nido con un pichón muerto y el pichón vivo con 27 días de vida). En este periodo no se registraron tormentas que pudieran afectar la supervivencia de los pichones, ni tampoco se considera que la mortalidad se deba a algún enfermedad dado que en las pocas ocasiones en que se observaron pichones enfermos en todas las temporadas, los adultos padres o parejas vecinas no se alimentaron de ellos. En este año también, el esfuerzo de alimentación durante los CP, fue el mayor registrado para todas las temporadas ($14,76 \pm 5,83h$). Además, considerando las fechas de observación, durante el 9 y 17 de enero, aumentó significativamente el esfuerzo parental y la duración de los viajes (Cap. V), período que coincide con el registro de pichones solos. Del análisis de la información se infiere que al inicio de la temporada las condiciones podrían haber sido óptimas, mientras que en el transcurso de la temporada la disponibilidad de alimento se pudo haber reducido drásticamente, inferido por el aumento de la duración de los viajes independientemente del periodo reproductivo, por la mortalidad registrada en toda la colonia y por el registro de pichones pequeños solos. El ERG fue uno de los más bajos registrados para todas las temporadas (0,243), desafortunadamente no se contó con datos de dieta en esta temporada.

Cuando las condiciones son desfavorables, el abandono de la nidada puede reducir el estrés y favorecer el éxito reproductivo para el año siguiente, así como también la supervivencia de los adultos (Ainley *et al.* 1990). En la temporada 2007-08 las condiciones al inicio de la reproducción fueron poco favorables, inferido por del menor número de parejas que comenzaron la reproducción, el volumen de los huevos y las fechas de inicio de la reproducción. A diferencia del resto de las temporadas el esfuerzo de alimentación fue similar entre INC y CP (Cap. V) y durante la INC se registró la mayor duración de los viajes de todas las temporadas y también mayor que en el período de CP. Considerando los parámetros reproductivos, el tamaño de la nidada fue el más bajo registrado (1,36), como así también el éxito en la eclosión y el ERG cercano a 0 (0,02). Por otra parte, el peso de los regurgitados de los pichones, fue el más bajo de todas las temporadas. Estos resultados sugieren que durante toda la temporada las condiciones fueron adversas. Por otro lado, si bien la presencia de *P. antarcticum* fue siempre menor en Pla. Potter en relación con Pta. Cierva (Cap. III) es interesante destacar que durante esta temporada, la presencia de *P. antarcticum* en la dieta, es la más baja registrada y el éxito reproductivo fue el más bajo de todas las temporadas (0,02). En este sentido, Trivelpiece *et al.* (1990) señalan que en los años donde no se registró la presencia de *P. antarcticum* en la dieta, la reproducción del EPS fue igual a 0.

Se ha determinado que en años de baja disponibilidad, el número de parejas con un sólo huevo es mayor (Pietz 1987). En Pta. Cierva durante las temporadas 2004-05 y 2007-08 el tamaño de la nidada fue menor que en 2005-06 y 2006-07 y el éxito de la eclosión fue significativamente menor en la temporada 2004-05, en relación con todas las temporadas, pero no entre en 2005-06 y 2006-07 y 2007-08 entre sí. Para la temporada 2003-04, el ERG, fue bajo (0,116). Con respecto a la dieta, en esta temporada, el peso de los regurgitados fue significativamente mayor que en las restantes temporadas, por lo que se infiere que en este año, otros factores como la predación intra- específica, podría ser un factor determinante en el bajo éxito registrado. En la temporada 2005-06 el muestreo finalizó el 10 de febrero y potencialmente 120 pichones podrían sobrevivir, por ello el valor del ERG obtenido, no se considera representativo de la temporada. En la temporada 2006-07, el tamaño de la nidada y éxito de la eclosión fueron altos en relación con las temporadas 2003-04 y 2007-08. El ERG es el más alto registrado de todas las temporadas (0,44) si se consideran sólo los pichones que efectivamente se emanciparon. Para esta temporada se desconocen datos de la dieta, pero del conjunto de la información reproductiva se infieren condiciones favorables para la reproducción. En la temporada 2007-08, se observó que en la INC los machos realizan más viajes que las hembras y al igual que lo observado en Pla. Potter, los viajes, en promedio, fueron de mayor duración que durante los CP (si bien no se observaron diferencias significativas). Paralelamente se registraron pichones solos en 3 oportunidades, los pesos de los regurgitados de pichones fueron los más bajos de todas las temporadas y el ERG también fue cercano a cero (0,03). La información de los viajes de forrajeo, dieta de los pichones, en conjunto con los parámetros reproductivos (un mayor número de parejas con un huevo, un bajo éxito de eclosión y bajo éxito reproductivo), sugieren una menor disponibilidad de alimento para los escúas durante esta temporada.

El éxito en la eclosión y el ERG disminuyen con la latitud, sin embargo, ambos parámetros son particularmente sensibles y arbitrarios si se desconoce el porcentaje de los nidos que no fueron considerados debido a la pérdida más temprana (Reinhardt 1997). Teniendo en cuenta estos criterios, los resultados obtenidos del ERG en Pta. Cierva, se consideran parciales e incompletos para la mayoría de las temporadas. En esta localidad, la mayor densidad de nidos y los ataques observados en pichones por parte de parejas vecinas, sugieren que la predación intra-específica, es un factor determinante en la supervivencia de los pichones. No obstante y de manera general, se observó una menor disponibilidad de alimento para la temporada 2007-08 en ambas localidades, inferido por el peso de los regurgitados significativamente menor en ambas localidades, un mayor esfuerzo de forrajeo en Pla. Potter y un bajo éxito reproductivo cercano a cero en ambas localidades. Apoyando esta hipótesis, es interesante destacar que en la misma

temporada, se registró un ERG similar (0,01) en una población cercana a Pla. Potter ubicada en Bahía del Almirantazgo (Wayne y Susan Trivelpiece, com. pers.).

Curvas de crecimiento

Los adultos invierten tiempo y reservas energéticas en alimentar a sus pichones, por lo tanto, cambios en la disponibilidad de alimento podrán verse reflejados tanto en el éxito reproductivo, como en el crecimiento de los pichones y su peso al emplume (Cairns 1987). Durante las tres temporadas comparadas en Pla. Potter (2003-04, 2005-06 y 2006-07), no existieron diferencias significativas en la tasa de crecimiento entre el pichón único, primero y segundo pichón, de las distintas variables consideradas (cabeza, ala, tarso, peso), para las dos primeras temporadas. Sin embargo durante el 2006-07, el pichón único creció más rápido que los dos pichones de una nidada. Durante esta temporada, el número de segundos pichones fue bajo y podría influenciar en los resultados observados. No obstante, la supervivencia de los pichones en los primeros años de vida está fuertemente influenciada por las condiciones en que los pichones se emancipan (Hamer *et al.* 1991). Dado que durante la temporada 2006-07 se infirió una baja disponibilidad de alimento durante los CP puede considerarse que criar un solo pichón, podría ser una estrategia para aumentar las posibilidades de supervivencia y que en periodos de estrés, sólo los individuos con experiencia podrán criar pichones exitosamente. Apoyando esta hipótesis, en la comparación del crecimiento de los pichones entre temporadas, se observó que la tasa de crecimiento de las distintas variables fue significativamente menor en el 2006-07 que en las temporadas 2003-04 y 2005-06; y si bien no se hallaron diferencias significativas, los valores asintóticos fueron menores. Asimismo, se observó que durante el momento de mayores requerimientos energéticos, determinado por el crecimiento lineal de los pichones, en la temporada 2006-07 la tasa de crecimiento de la cabeza, tarso y peso fue menor que para las restantes temporadas. El ERG registrado fue bajo (0,24) y sólo en un nido de registraron 2 pichones emancipados. En la temporada 2005-06 se infirieron condiciones favorables a lo largo de todo el periodo reproductivo, se registraron las mayores tasas de crecimiento, significativamente diferentes del 2006-07 y ligeramente diferentes respecto de 2003-04. En estas dos temporadas se registraron los mayores ERG (0,926 y 0,566). Asimismo en el 2005-06 en 18 nidos se registraron 2 pichones emancipados y es en la única de las 3 temporadas donde se registraron nidos con 2 pichones, en la que se observó que los machos incrementaron significativamente su frecuencia diaria en los viajes de alimentación.

En el EPS, la variabilidad en el peso de los pichones que empiezan a volar es grande (1100 a 1600gr). Se ha postulado que el peso no es un índice adecuado para determinar la tasa de crecimiento en los pichones de escúas, no obstante es muy útil para determinar la

importancia del alimento en relación con la mortalidad (Young 1964). Se determinó que en Pla. Potter el peso asintótico promedio de las 4 temporadas fue de 1177,48 gr y no se registraron diferencias entre temporadas (1142,31- 1203,81 gr). Dado que el peso a la emancipación favorece una mayor supervivencia en los primeros años de vida, puede considerarse que los adultos incrementan el esfuerzo para lograr que los pichones emancipen con un peso adecuado y como parte de ello, la estrategia sea cuidar un solo pichón, pero con buenas condiciones al emplume, mientras que en años con buena disponibilidad de alimento (2005-06), los adultos, particularmente los machos, aumenten el esfuerzo invertido en la alimentación para lograr emancipar a dos pichones.

Por otra lado, en Pta. Cierva, de la comparación de las curvas de crecimiento entre dos temporadas, se observó que durante el 2007-08, considerada con baja disponibilidad de alimento, los valores asintóticos del peso y la cabeza fueron significativamente menores que en la temporada 2006-07 (1292,47 gr y 1041,52 gr respectivamente). No obstante, a diferencia de lo hallado en Pla. Potter, la tasa de crecimiento fue significativamente mayor en 2007-08 que en 2006-07. Paralelamente la tasa de crecimiento lineal de los pichones fue mayor en el 2007-08. En este caso, los resultados coinciden con la hipótesis que sostiene que el peso al emplume es un buen indicador de la disponibilidad de alimento, particularmente cuando ésta es baja (Cairns 1987, Montevecchi 1993), similar a lo inferido en este trabajo, a partir de distintos indicadores indirectos como el peso de los regurgitados de los pichones, el bajo ERG y la ausencia de parejas que crían dos pichones. Sin embargo, es necesario destacar que dada la diferencia en el tamaño de las muestras (2006-07= 35 vs 2007-08= 9) es difícil determinar si los resultados obtenidos a partir del análisis de las curvas de crecimiento, son representativos o si se debe a una limitación del muestreo.

En conclusión, los índices indirectos tales como el arribo al área de reproducción, el número de aves anidantes y el volumen de los huevos, se consideran adecuados para determinar las condiciones al inicio de la reproducción. A partir del análisis de la ecología trófica (Cap. III) y el comportamiento de alimentación (Cap. V), junto con el análisis del éxito reproductivo se comprobó que las fluctuaciones en la disponibilidad de alimento, pueden disminuir sustancialmente el éxito reproductivo del EPS. A partir del análisis del crecimiento de los pichones, se concluye que durante el momento de mayores requerimientos energéticos, el análisis del crecimiento lineal de los pichones refleja adecuadamente la disponibilidad de alimento en el área, al igual que los valores asintóticos alcanzados, en particular el peso, como lo observado en Pta. Cierva. No obstante se considera más probable que los adultos empleen distintas estrategias, como criar un solo pichón cuando las condiciones son desfavorables o criar dos pichones e incrementar su frecuencia diaria de alimentación cuando las condiciones son

favorables y por lo tanto el peso asintótico se mantiene relativamente estable como lo observado en Pla. Potter.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

“Nuestros proyectos son viajes hacia una verdad siempre más allá del horizonte”

C.P. Doncaster

Este trabajo es una contribución al conocimiento de la ecología trófica y reproductiva del escúa polar del sur. Los resultados obtenidos amplían la información conocida sobre esta especie y propone considerar a esta especie como potencial indicador de la presencia de *P. antarcticum* en la región de la Península Antártica e Islas Shetland del Sur.

- La dieta del EPS para ambas localidades se caracterizó por la predominancia de pocas especies y un alto número de especies con muy baja frecuencia de ocurrencia. Los principales ítems hallados en la dieta fueron peces y pingüinos, entre los primeros la especie dominante fue *E. antarctica* en Pla. Potter y *P. antarcticum* en Pta. Cierva.
- Las egagrópilas son un método no invasivo de fácil recolección, con ciertas limitaciones para el análisis de la dieta, no obstante a partir de ellas ha sido posible registrar un cambio entre los periodos reproductivos. Durante los cuidados parentales, la dieta de los adultos fue más amplia que durante la incubación.
- En base a la comparación de los regurgitados de pichones y el lavado estomacal de los adultos en ambas localidades, se determinó que no existieron diferencias, en cuanto a la preferencia por los peces como presa principal de la dieta.
- A pesar del amplio rango de los pesos registrados en los regurgitados, se halló una diferencia significativa en los mismos, que sugiere que para la temporada 2007-08, la disponibilidad de alimento para los escúas, en el oeste de la Península Antártica, fue menor. Además, si bien no hubo diferencias significativas, la presencia de pingüinos en la dieta de los adultos en Pta. Cierva fue la más elevada de todas las temporadas de estudio.
- Se registró una elevada frecuencia de *P. antarcticum*, particularmente en Pta. Cierva y una mayor presencia de *E. antarctica* en Pla. Potter. Dado su carácter endémico y su sensibilidad al aumento de la temperatura (Cullins *et al.* 2011), los cambios registrados en el ecosistema pueden estar determinando la ausencia de esta especie en el norte de la Península Antártica (Ducklow *et al.* 2007). La dieta del EPS puede ser útil como bio-indicador de la presencia/ausencia de *P. antarcticum*. Cambios en su distribución y/o presencia, pueden reflejar modificaciones en el ecosistema.
- El análisis combinado de egagrópilas y regurgitados no detectó evidencias de competencia por el alimento entre el EPS y el EP. A diferencia del EP que se alimenta de pingüinos, el EPS no consume frecuentemente pingüinos, en las zonas con un bajo número de parejas reproductivas de EP. Su rara ocurrencia en regurgitados en ambas localidades es consistente con depredación ocasional u oportunística, más que depredación activa o constante. Un estudio que involucre un mayor número de localidades, permitiría fortalecer las conclusiones de este trabajo.

- Este estudio señala la sobrestimación del rol de los pingüinos en la dieta del EPS a partir del análisis de las egagrópilas. Este sesgo puede estar presente en los numerosos análisis basados únicamente en egagrópilas, influyendo de esa forma sobre el consenso establecido de que los pingüinos son uno de los principales ítems en la dieta del EPS y que en consecuencia, pueden estar compitiendo por este recurso con el EP.
- En base a la comparación de las metodologías en poblaciones que difieren marcadamente en el número de parejas reproductivas de EP, se concluye que la evidencia para estos modelos de aprovisionamiento de alimento a los pichones, no puede ser descripta únicamente a partir del análisis de egagrópilas. Por otra parte, deben ser tenidas en cuenta otras funciones para la ingesta de plumas, como la eliminación del material no digerible. Estos resultados deberán tenerse en cuenta para todos los análisis de egagrópilas de especies que son potenciales predadores de otras aves.
- Se comprobó que aún con un número bajo de observaciones, fue posible identificar diferencias en el esfuerzo de alimentación y las frecuencias de viajes diarias entre periodos y entre sexos. Durante los CP, la frecuencia diaria es similar entre machos y hembras, particularmente en las parejas que crían un pichón, en cambio las que crían dos y por ende aumentan los requerimientos energéticos, son los machos los que incrementan la frecuencia de los viajes.
- El análisis de comportamiento de alimentación fue una herramienta útil para determinar cambios en la disponibilidad de alimento, en particular si estos resultados son analizados en conjunto con la información de la dieta y de la reproducción.
- En esta tesis se determinó que el área de alimentación del EPS en Pla. Potter es de aproximadamente 24,5 km, mientras que en Pta. Cierva es de 32,6 km, respecto de la costa. Los escúas forrajea principalmente en la plataforma continental y evitan las zonas de mar abierto.
- En este trabajo, coincidiendo con otros autores, se concluye que el EPS es una especie que se alimenta en aguas costeras y dada la alta presencia de *E. antarctica* y *P. antarcticum* en la dieta, se apoya la hipótesis de que estas especies se encuentran en zonas costeras con una abundancia mayor a la registrada en los estudios de peces.
- Los índices indirectos de la performance reproductiva, tales como el arribo al área de reproducción, el número de individuos nidificando y el volumen de los huevos, se consideran adecuados para determinar las condiciones al inicio de la reproducción.

- A partir del análisis de la ecología trófica, el comportamiento de alimentación y el análisis del éxito reproductivo, se comprobó como las fluctuaciones en la disponibilidad de alimento, pueden disminuir sustancialmente el éxito reproductivo del EPS.
- A partir del análisis del crecimiento de los pichones, se concluye que durante el momento de mayores requerimientos energéticos, el análisis del crecimiento lineal de los pichones refleja la disponibilidad de alimento en el área, al igual que los valores asintóticos alcanzados, en particular el peso, observado en Pta. Cierva. No obstante se considera más factible que los adultos empleen distintas estrategias, como criar un solo pichón cuando las condiciones son desfavorables o incrementar la frecuencia diaria de los viajes de alimentación y criar dos pichones cuando las condiciones son favorables y por lo tanto el peso asintótico se mantiene relativamente estable como lo registrado en Pla. Potter.

Conclusión final y perspectivas a futuro

Para contribuir a los planes de manejo del ecosistema antártico es necesario monitorear un mayor número de especies que ocupan diferentes nichos en la trama trófica. Para ello, es imprescindible tener un número adecuado de réplicas de las poblaciones para identificar si los resultados observados y los posibles cambios, se registran a escala local o regional. Una condición limitante es la dificultad logística de desarrollar estos trabajos en la Antártida. Evaluando estos aspectos, y en base a la experiencia de esta tesis, el estudio de la ecología trófica y reproductiva del EPS, es relativamente más difícil, respecto de especies que reproducen en colonias densas y con mayor sincronismo como los pingüinos. No obstante, se postula que el EPS es un útil indicador de la presencia o ausencia de *P. antarcticum*. Por ello, se propone realizar un monitoreo a largo plazo a partir de la recolección de egagrópilas, un método no invasivo, de fácil obtención y de bajo costo. Dada su simplicidad, es factible también que este método pueda ser utilizado por otros grupos de investigación en la región de la Pla. Antártica. Nuestra hipótesis es que, si los efectos del cambio climático continúan en la misma dirección e intensidad como lo registrado en los últimos años, en el futuro mediano, *P. antarcticum* comenzará a declinar en la dieta del EPS en Pta. Cierva.

BIBLIOGRAFÍA

- AINLEY DG (2002). The Adelie penguin: bellwether of climate change. Columbia University Press, New York.
- AINLEY DG y BLIGHT LK (2009). Ecological repercussions of historical fish extraction from the Southern Ocean. *Fish Fish* 10: 13-38.
- AINLEY DG, O'CONNOR EF, BOEKELHEIDE RJ (1984). The Marine ecology of birds in the Ross Sea, Antarctica. *Ornithol Monogr* 32: 1-97.
- AINLEY DG, RIBIC CA, FRASER WR (1992). Does prey preference affect habitat choice in Antarctic seabirds? *Mar Ecol Prog Ser* 90: 207-221.
- AINLEY DG, RIBIC CA, WOOD RC (1990). A demographic study of the south polar skua *Catharacta maccormicki* at Cape Crozier. *J Anim Ecol* 59: 1-20
- AINLEY DG, WILSON PR, BARTON KJ, BALLARD G, NUR N, KARL B (1998). Diet and foraging effort of Adelie penguins in relation to pack-ice conditions in the southern Ross Sea. *Polar Biol* 20: 311-319.
- ANDERSSON M (1999a). Hybridization and skua phylogeny. *Proc Royal Soc B* 266:1579-1585.
- ANDERSSON M (1999b). Phylogeny, behaviour, plumage evolution and neoteny in skuas Stercorariidae. *J Avian Biol* 30: 205-215.
- ARONSON RB, THATJE S, MCCLINTOCK JB, HUGHES KA (2011) Anthropogenic impacts on marine ecosystems in Antarctica. *Ann NY Acad Sci* 1223: 82-107.
- ATKINSON A, SIEGEL V, PAKHOMOV E, ROTHERY P (2004). Long-term decline in krill stock and increase in salps within the Southern Ocean. *Nature* 432: 100-103.
- BAKER SC y BARBRAUD C (2001). Foods of the south polar skua *Catharacta maccormicki* at Ardery Island, Windmill Islands, Antarctica. *Polar Biol* 24: 59-61.
- BARBRAUD C, HENRI WEIMERSKIRCH H, ROBERTSON G G, JOUVENTIN P (1999) Size-related life history traits: insights from a study of snow petrels (*Pagodroma nivea*) *Journal of Animal Ecology* 68: 1179-1192.
- BARRERA-ORO E (2002). The role of fish in the Antarctic marine food web: differences between inshore and offshore waters in the southern Scotia Arc and west Antarctic Peninsula. *Antarct Sci* 14: 293-309.
- BARRERA-ORO ER y MARSCHOFF ER (2007). Information on the status of fjord *Notothenia rossii*, *Gobionotothen gibberifrons* and *Notothenia coriiceps* in the lower South Shetland Islands derived from the 2000-2006 monitoring program at Potter Cove. *CCAMLR Sci* 14: 83-87.
- BARRETT RT, CAMPHUYSEN C J, ANKER-NILSSEN T, CHARDINE JW, FURNESS RW, GARTHE S, *et al.* (2007). Diet studies of seabirds: a review and recommendations. *ICES J Mar Sci* 64(9): 1675-1691.
- BEARHOP S, THOMPSON DR, PHILLIPS RA, WALDRON S, HAMER KC, GRAY CM, VOTIER SC, ROSS BP, FURNESS RW (2001). Annual variation in great skua diets: the importance of commercial fisheries and predation on seabirds revealed by combining dietary analyses. *Condor* 103(4): 802-809.
- BEDDINGTON J (2010). Food security: contributions from science to a new and greener revolution. *Philos T R Soc B: Biol sci* 365: 61-71.

- BERTELLOTTI M, D'AMICO V, CEJUELA E (2013). Tourist activities focusing on Antarctic penguins. *Ann Tourism Res* 42: 428-431.
- BERTOLDI CARNEIRO AP, POLITO MJ, SANDER M, TRIVELPIECE WZ (2010). Abundance and spatial distribution of sympatrically breeding *Catharacta* spp. (skuas) in Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. *Polar Biol* 33(5): 673-682.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL 2012. *Stercorarius maccormicki*. En: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. www.iucnredlist.org. Descargado el 28 de Octubre de 2013.
- BOERSMA PD y PARRISH JK (1998). Flexible growth in forktailed storm-petrels: a response to environmental variability. *Auk* 115: 67-75.
- BOYD IL (1996). Temporal scales of foraging in a marine predator. *Ecology* 77:426-34.
- BOYD IL, WANLESS S, CAMPHUYSEN CJ (EDS) (2006). Top predators in marine ecosystems: their role in monitoring and management. Cambridge University Press, Cambridge.
- BRAUN MJ y BRUMFIELD RT (1998). Enigmatic phylogeny of skuas: an alternative hypothesis. *Proc Royal Soc B* 265: 995-999.
- BROOKE ML, KEITH D, RØV N (1999). Exploitation of inland-breeding Antarctic petrels by south polar skuas. *Oecologia* 121: 25-31.
- CAIRNS DK (1987). Seabirds as indicators of marine food supplies. *Biol oceanog* 5:261-271.
- CALDOW RWG y FURNESS RW (2000). The effect of food availability on the foraging behaviour of breeding Great Skuas *Catharacta skua* and Arctic Skuas *Stercorarius parasiticus*. *J Avian Biol* 31: 367-375.
- CARLINI AR (2010). Uso de los nutrientes y energía en el Elefante Marino del Sur *Mirounga leonina* (Mammalia, Pinnipedia) en la Isla 25 de Mayo, Antártida. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata. Argentina.
- CARLINI AR, CORIA NR, SANTOS MM, NEGRETE J, JUARES MA, DANERI GA (2009). Responses of *Pygoscelis adeliae* and *P. papua* populations to environmental changes at Isla 25 de Mayo (King George Island). *Polar Biol* 32: 1427-1433.
- CASAUX R (2004). Diving patterns in the Antarctic shag. *Waterbirds* 27(4): 382-387.
- CASAUX R y BARRERA-ORO E (2006). Review. Shags in Antarctica: their feeding behaviour and ecological role in the marine food web. *Antarct Sci* 18 (1): 3-14.
- CASAUX R, BARONI A, RAMÓN A, CARLINI A, BERTOLIN M, DIPRINZIO CY (2009). Diet of the Leopard Seal *Hydrurga leptonyx* at the Danco Coast, Antarctic Peninsula. *Polar Biol* 32: 307-310.
- CASAUX R, BARRERA ORO E, BARONI A, RAMÓN A (2003). Ecology of inshore notothenioid fish from the Danco Coast, Antarctic Peninsula. *Polar Biol* 26: 157-165.
- CATRY P, PHILLIPS RA, HAMER KC, RATCLIVE N, FURNESS RW (1998). The incidence of non-breeding by adult great skuas and parasitic jaegers from Foula, Shetland. *Condor* 100:448-455.
- CHOWN SL, HUISKES AHL, GREMMEN NJM, LEE JE, TERAUDS A, CROSBIE K, FRENOT Y, *et al.* (2012). Continent-wide risk assessment for the establishment of nonindigenous species in Antarctica. *PNAS* 109 (13): 4938-4943.
- COHEN BL, BAKER AJ, BLECHSCHMIDT K, DITTMANN DL, FURNESS RW, GERWIN JA, HELBIG AJ *et al.* (1997). Enigmatic phylogeny of skuas (Aves: Stercorariidae). *Proc Royal Soc B* 264: 181-190.

- COOK AJ, FOX AJ, VAUGHAN DG, FERRAGNO JG (2005). Retreating glacier fronts on the Antarctic Peninsula over the past half-century. *Science* 308: 540-544.
- CORIA NR (2006). Biología reproductiva y ecología trófica del Petrel Gigante del Sur *Macronectes giganteus* en las Islas del Arco de Scotia. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata. Argentina.
- CROXALL JP (2004). The potential effects of marine habitat change on Antarctic seabirds. *Ibis* 146 (1): 90-91.
- CROXALL JP y NICOL S (2004). Management of Southern Ocean fisheries: global forces and future sustainability. *Antarct Sci* 16 (4): 569-584.
- CROXALL JP, REID K, PRINCE PA (1999). Diet, provisioning and productivity responses of marine predators to differences in availability of Antarctic krill. *Mar Ecol Prog Ser* 177: 115-131.
- CULLINS TL, DEVRIES AL, TORRES JJ (2011). Antifreeze proteins in pelagic fishes from Marguerite Bay (Western Antarctica). *Deep-Sea Res PT II* 58: 1690-1694.
- DANERI GA, CARLINI AR, HARRINGTON A, BALBONI L, HERNANDEZ CM (2008). Interannual variation in the diet of non-breeding male Antarctic fur seals, *Arctocephalus gazella*, at Isla 25 de Mayo/King George Island 2008. *Polar Biol* 31:1365-1372.
- DEVILLERS P (1978). Distribution and relationships of South American skuas. *Le Gerfaut* 68: 374-417.
- DEWITT HH (1970). The character of the midwater fish fauna of the Ross Sea, Antarctica. En: *Antarctic ecology*. Holdgate MW (ed.). Academic Press, London. pp 305-314.
- DEWITT HH y HOPKINS TL (1977). Aspects of the diet of the Antarctic silverfish, *Pleuragramma antarcticum*. En: *Adaptations within Antarctic Ecosystems*. Llano GA (ed.). Smithsonian Institution, Washington. pp 557-568.
- DINER N y MASSE J (1987). Fish school behaviour during echo survey observed by acoustic devices. *ICES Council Meeting*, 1987/B, 30. 28 pp
- DUCKLOW HW, BAKER K, MARTINSON DG, QUETIN LB, ROSS RM, SMITH RC, STAMMERJOHN SE, VERNET M, FRASER W (2007). Marine pelagic ecosystems: the West Antarctic Peninsula. *Philos T R Soc B* 362: 67-94.
- DUCKLOW H, CLARKE A, DICKHUT R, DONEY SC, GEISZ H, HUANG K, MARTINSON DG, *et al.* (2012). The Marine System of the Western Antarctic Peninsula Antarctic Ecosystems: An Extreme Environment in a Changing World, First Edition. Ed AD Rogers, Johnston, Murphy y Clarke. Blackwell Publishing Ltd.
- DUFFY DC y JACKSON S (1986). Diet studies: a review of methods. *Colon Waterbirds* 9 (1): 1-17.
- DUNN MJ, SILK JRD, TRATHAN PN (2011). Post-breeding dispersal of Adélie penguins (*Pygoscelis adeliae*) nesting at Signy Island, South Orkney Islands. *Polar Biol* 34 (2): 205-214.
- EASTMAN JT (1985). The evolution of neutrally buoyant notothenioid fishes: Their specialization and potential interactions in the Antarctic marine food web. En: *Antarctic Nutrient Cycles and Food Webs*. Siegfried WR, Condy PR, Laws RM (eds.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp 430-436.
- EASTMAN JT (1995). The evolution of Antarctic fishes: questions for consideration and avenues for research. *Cybiurn* 19: 371-389.
- EASTMAN JT (2005). The nature of the diversity of Antarctic fishes. *Polar Biol* 28: 93-107.

- EINODER LD (2009). A review of the use of seabirds as indicators in fisheries and ecosystem management. *Fish Res* 95: 6-13.
- FAVERO M y CORIA NR (2007). Feeding aggregation and diets of seabirds at Gerlache Strait, Antarctica. *Acta Zool Sinica* 53 (3): 425-430.
- FAVERO M, CORIA NR, BERON MP (2000). The status of breeding birds at Cierva Point and surroundings, Danco Coast, Antarctic Peninsula. *Pol Polar Res* 21:181-187.
- FAVERO M y SILVA MP (1998). How important are pelagic preys for the kelp gull during chick-rearing at the South Shetland Islands? *Polar Biol* 19: 32-36.
- FERRANDO S, HANCHET S, ANGIOLILLO M, GAMBARDELLA C, PISANO E, TAGLIAFERRO G, VACCHI M (2010). Insights into the life cycle of the Antarctic Silverfish. reproduction features of the Ross Sea population. International Polar Year Oslo Science Conference, June 2010, abstracts.
- FORCADA J (2007). The impact of climate change on Antarctic megafauna. *En: Impacts of global warming on polar ecosystems*. Duarte CM (ed.): Fundación BBVA. Madrid. pp. 85-110.
- FRASER WR (1989). Aspects of the ecology of kelp gull (*Larus dominicanus*) on Anvers Island, Antarctic Peninsula. Tesis doctoral. Universidad de Minneapolis, Estados Unidos.
- FRASER W y HOFMANN E (2003). A predator's perspective on causal links between climate change, physical forcing and ecosystem response. *Mar Ecol Prog Ser* 265: 1-15.
- FURNESS RW (1982). Competition between fisheries and seabird communities. *Adv Mar Biol* 20: 225-307.
- FURNESS RW (1987). The Skuas. T y AD Poyser. Calton, UK
- FURNESS RW (1996). Family Stercorariidae (Skuas). En: *Handbook of the birds of the world*. del Hoyo J, Elliot A, Sargatal J (eds.). Lynx Edicions, Barcelona. pp 556-571.
- FURNESS RW (2002). Management implications of interactions between fisheries and sandeel-dependent seabirds and seals in the North Sea. *ICES J Mar Sci* 59: 261-269.
- FURNESS RW (2003). Impacts of fisheries on seabird communities. *Sci Mar* 67 (2): 33-45.
- FURNESS RW (2007). Responses of seabirds to depletion of food fish stocks. *J Ornithol* 148: 247-252.
- FURNESS RW y CAMPHUYSEN CJ (1997). Seabirds as monitors of the marine environment. *ICES J Mar Sci* 54:726-737.
- FURNESS RW y COOPER J (1982). Interactions between breeding seabird and pelagic fish populations in the Southern Benguela region. *Mar Ecol Prog Ser* 8: 243-250.
- FURNESS RW y HISLOP JRG (1981). Diets and feeding ecology of Great Skuas *Catharacta skua* during the breeding season in Shetland. *J Zool Lond* 195: 1-23.
- FURNESS RW y TASKER ML (2000). Seabird-fishery interactions: quantifying the sensitivity of seabirds to reductions in sandeel abundance, and identification of key areas for sensitive seabirds in the North Sea. *Mar Ecol Prog Ser* 202: 253-264.
- GARCIA MA, CASTRO CG, RIOS AF, DOVAL MD, ROSON G, GOMIS D, LOPEZ O (2002). Water masses and distribution of physico-chemical properties in the Western Bransfield Strait and Gerlache Strait during Austral summer 1995/96. *Deep-Sea Res PT II* 49: 585-602.

- GILLE ST (2002). Warming of the Southern Ocean since the 1950s. *Science* 295 (5558): 1275-1277.
- GON O y VACCHI M (2010). *Pleuragramma antarctica*. En: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. <www.iucnredlist.org>. Descargado el 19 de Agosto de 2013.
- GONZÁLEZ-ZEVALLOS D, SANTOS MM, ROMBOLÁ EF, JUÁRES MA, CORIA NR (2013). Abundance and reproductive distribution of marine birds in the northern area of Danco coast, Antarctic Peninsula. *Polar Res* 32: 111-133.
- GRANATA A, CUBETA A, GUGLIELMO L, SIDOTI O, GRECO S, VACCHI M, LA MESA M (2002). Ichthyoplankton abundance and distribution in the Ross Sea during 1987-1996. *Polar Biol* 25: 187-202
- GRAÑA GRILLI M, LIBERTELLI M, MONTALTI D (2011). Diet of south polar skua chicks in two areas of sympatry with brown skua. *Waterbirds* 34(4): 495-498.
- GRAÑA GRILLI M y MONTALTI D (2012). Trophic interactions between brown and south polar skuas at Deception Island, Antarctica. *Polar Biol* 35(2): 299-304.
- GREELY TM, GARTNER JR JV, TORRES JJ (1999). Age and growth of *Electrona antarctica* (Pisces: Myctophidae), the dominant mesopelagic fish of the Southern Ocean. *Mar Biol* 133: 145-158.
- GREEN K (1986). Observations on the food of the south polar skua, *Catharacta maccormicki* near Davis, Antarctica. *Polar Biol* 6(3): 185-186.
- GRÉMILLET D, KUNTZ G, DELBART F, MELLET M, KATO A, ROBIN J-P, CHAILLON P-E, *et al.* (2004). Linking the foraging performance of a marine predator to local prey abundance. *Funct Ecol* 18: 793-801.
- HAHN S y PETER H-U (2003). Feeding territoriality and the reproductive consequences in Brown skuas *Catharacta antarctica lonnbergi*. *Polar Biol* 26: 552-559.
- HAHN S y QUILLFELDT P (1998). Different predational pressures on two Antarctic storm petrel species. *Berichte* 299: 285-289.
- HAHN S, REINHARDT K, RITZ MS, JANICKE T, MONTALTI D, PETER H-U (2007). Oceanographic and climatic factors differentially affect reproduction performance of antarctic skuas. *Mar Ecol Prog Ser* 334:287-297.
- HAHN SM, RITZ MS, REINHARDT K (2008). Marine foraging and annual fish consumption of a south polar skua population in the maritime Antarctic. *Polar Biol* 31: 959-969.
- HAMER KC, FURNESS RW (1991). Age-specific breeding performance and reproductive effort in Great Skua *Catharacta skua*. *J Anim Ecol* 60: 693-704.
- HAMER KC, FURNESS RW, CALDOW RWG (1991). The effects of changes in the food availability on the breeding ecology of Great Skua *Catharacta skua* in Shetland. *J Zool Lond* 223:175-188.
- HECHT T (1987). A guide to the otoliths of Southern ocean fishes. *South Afr J Antarc Res* 17:1-87.
- HEMMINGS AD (1984). Aspects of the breeding biology of McCormick's skuas *Catharacta maccormicki* at Signy Island, South Orkney Island. *Brit Antarct Surv B* 65: 65-79.
- HINKE JT, POLITO MJ, REISS CS, TRIVELPIECE SG, TRIVELPIECE WZ (2012). Flexible reproductive timing can buffer reproductive success of *Pygoscelis* spp. penguins in the Antarctic Peninsula region. *Mar Ecol Prog Ser* 454:91-104.

- HINKE JT, SALWICKA K, TRIVELPIECE SG, WATTERS GM, TRIVELPIECE WZ (2007). Divergent responses of *Pygoscelis* penguins reveal a common environmental driver. *Oecologia* 153: 845-855.
- HUBOLD G (1984). Spatial distribution of *Pleuragramma antarcticum* (Pisces: Nototheniidae) near the Filchner and Larsen ice shelves (Weddell Sea, Antarctica). *Polar Biol* 3: 231-236.
- HUBOLD KG y EKAU W (1987). Midwater fish fauna of the Weddell Sea, Antarctica. En: *Proceedings of the fifth Congress of European Ichthyologists*. Kullander SO y Fernholm B (eds.). Museum of Natural History, Stockholm. pp 391-396.
- HUBOLD G y TOMO AP (1989). Age and growth of Antarctic silverfish *Pleuragramma antarcticum* Boulenger, 1902, from the southern Weddell Sea and Antarctic Peninsula. *Polar Biol* 9:205-212.
- HUGHES KA y CONVEY P (2012). Determining the native/non-native status of newly discovered terrestrial and freshwater species in Antarctica- Current knowledge, methodology and management action. *J Environ Manage* 93(1): 52-66.
- HUNT GL, MEHLUM F, RUSSELL RW, IRONS D, DECKER MB, BECKER PH (1999). Physical processes, prey abundance, and the foraging ecology of seabirds. En: Adams NJ y Slotow R (eds.) *Proceedings of the 22nd International Ornithological Congress*, Durban, pp. 2040-2056. Johannesburg: BirdLife South Africa
- HUREAU JC (1994). The significance of fish in the marine Antarctic ecosystems. *Polar Biol* 14: 307-313.
- IAATO 2007. http://www.iaato.org/tourism_stats.html.
- INGER R y BEARHOP S (2008). Applications of stable isotope analyses to avian ecology. *Ibis* 150: 447-461.
- JUÁRES MA, SANTOS MM, NEGRETE J, SANTOS MR, MENNUCCI JA, ROMBOLÁ E, LONGARZO L, CORIA NR, CARLINI A (2013). Better late than never? Interannual and seasonal variability in breeding chronology of gentoo penguins at Stranger Point, Antarctica. *Polar Biol* 33(10): 1427-1433.
- KARNOVSKY NJ (1997). The fish component of *Pygoscelis* Penguin diet. Tesis de Grado. Universidad Estatal de Montana. Estados Unidos.
- KELLER R (1983). Contributions to the early life history of *Pleuragramma antarcticum* Boulenger 1902 (Pisces, Nototheniidae) in the Weddell Sea. *Meeresforschung* 30: 10-24.
- KELLERMANN A (1986). On the biology of early life stages of notothenioid fishes (Pisces) off the Antarctic Peninsula. *Ber Polarforsch* 31: 1-149.
- KOCK KH (1992). *Antarctic Fish and Fisheries*. Cambridge University Press, Cambridge.
- KOCK KH, REID K, CROXALL J, NICOL S (2007). Fisheries in the Southern Ocean: an ecosystem approach. *Philos T R Soc B* 362 (1488): 2333-2349.
- LA MESA M, EASTMAN JT, VACCHI M (2004). The role of notothenioid fish in the food web of the Ross Sea shelf waters: a review. *Polar Biol* 27: 321-338.
- LAMEY CS (1995). Chick loss in the Falkland Skua *Catharacta skua antarctica*. *Ibis* 137:231-236.
- LANCRAFT TM, TORRES JJ, HOPKINS TL (1989). Micronekton and macrozooplankton in the open waters near Antarctic ice edge zones (AMERIEZ 1983 and 1986). *Polar Biol* 9: 225-233.

- LAWS RM (1985). The Ecology of the Southern Ocean. *Am Sci* 73(1): 26-40.
- LESCROËL A y BOST CA (2005). Foraging under contrasting oceanographic conditions: the gentoo penguin at Kerguelen Archipelago. *Mar Ecol Prog Ser* 302: 245-261.
- LEWIS S, ELSTON DA, DAUNT F, CHENEY B, THOMPSON PM (2009) Effects of extrinsic and intrinsic factors on breeding success in a long lived seabird. *Oikos* 118: 521-528.
- LOEB V, SIEGEL V, HOLM-HANSEN O, HEWITT R (1997). Effects of sea-ice extent and krill or salp dominance on the Antarctic food web. *Nature* 387:897-900.
- MALZOF SL y QUINTANA RD (2008). Diet of the south polar skua *Catharacta maccormicki* and the brown skua *C. antarctica lonnbergi* at Cierva Point, Antarctic Peninsula. *Polar Biol* 31: 827-835.
- MARSCHOFF ER, BARRERA-ORO E, ALESCIO NS, AINLEY DG (2012). Slow recovery of previously depleted demersal fish at the South Shetland Islands, 1983-2010. *Fish Res* 125-126: 206-213.
- McCLINTOCK J, DUCKLOW HW, FRASER W (2008). Ecological responses to climate change on the Antarctic Peninsula. *Am Sci* 96: 302-310.
- MOLINE MA, CLAUSTRE H, FRAZER TK, SCHOFIELD O, VERNET M (2004). Alteration of the food web along the Antarctic Peninsula in response to a regional warming trend. *Glob Change Biol* 10 (12): 1973-1980.
- MOLINE MA, KARNOVSKY NJ, BROWN Z, DIVOKY GJ, FRAZER TK, JACOBY CA, TORRES JJ, FRASER WR (2008). High latitude changes in ice dynamics and their impact on polar marine ecosystems. *Ann NY Acad Sci* 1134: 267-319.
- MONCORPS S, CHAPUIS JL, HAUBREUX D. BRETAGNOLLE V (1998). Diet of the brown skua *Catharacta skua lonnbergi* on the Kerguelen Archipelago: comparisons between techniques and between islands. *Polar Biol* 19: 9-16.
- MONTALTI D, CASAUX R, CORIA N, SOAVE G, M. GRAÑA GRILLI M (2009). The importance of fish in the diet of the South Polar Skua (*Stercorarius maccormicki*) at the South Shetland Islands, Antarctica. *Emu-Austral Ornithology* 109 (49): 305-309.
- MONTEVECCHI WA (1993). Birds as indicators of change in marine prey stocks. En: Furness, R.W. & Greenwood, J.J.D. (Eds.). *Birds as monitors of environmental change*. Chapman and Hall, London: pp. 217-266.
- MONTEVECCHI WA y MYERS RA (1995). Prey harvest of seabirds reflect pelagic fish and squid abundance on multiple spatial and temporal scales. *Mar Ecol Prog Ser* 117: 1-9.
- MÜLLER-SCHWARZE D y MÜLLER-SCHWARZE C (1974). Differential predation by South Polar Skuas in an Adélie Penguin rookery. *Condor* 75: 127-131.
- MÜLLER-SCHWARZE D y MÜLLER-SCHWARZE C (1977). Interactions between South Polar Skuas and Adelie Penguins. En: *Adaptations within Antarctic ecosystems*. Llano GA (ed.). Smithsonian Institution, Washington. pp. 618-646.
- MUND MJ y MILLER GD (1995). Diet of the south polar skua *Catharacta maccormicki* at Cape Bird, Ross Island, Antarctica. *Polar Biol* 15: 453-455.
- MURPHY EJ, CAVANAGH RD, HOFMANN EE, HILL SL, CONSTABLE AJ, COSTA DP, PINKERTON MH *et al.* (2012). Developing integrated models of Southern Ocean food webs: Including ecological complexity, accounting for uncertainty and the importance of scale. *Prog Oceanogr* 102: 74-92.
- NICOL S (2004). En: www.antdiv.gov.au

- NICOL S, CONSTABLE AJ, PAULY T (2000). Estimates of circumpolar abundance of antarctic krill based on recent acoustic density measurements. *CCAMLR Sci* 7: 87-99.
- NEILSON DR (1983). Ecological and behavioral aspects of the sympatric breeding of the South Polar (*Catharacta maccormicki*) and Brown Skuas (*Catharacta lonnbergi*) near the Antarctic Peninsula. Tesis de doctorado. Universidad de Minnesota, Minnesota.
- NORMAN FI y WARD SJ (1990). Foods of the south polar skua at Hop Island, Rauer group, east Antarctica. *Polar Biol* 10: 489-493.
- NORTH AW, BURCHETT MS, GILBERT CJ, WHITE MG (1984). Identification of fish from the Southern Ocean by means of otoliths. *Brit Antarct Surv B* 62: 83-94.
- O'CONNOR RJ (1984) The growth and development of birds. Wiley, Chichester
- PANKRATOV CA y PAKHOMOV EA (1992). On the problem of by catch of juvenile fish in krill fishery. CCRVMA-WG-FSA 92/10.
- PARMELEE DF (1988). The hybrid skua: a Southern Ocean enigma. *Wilson Bull* 100: 345-346.
- PARMELEE DF, BERNSTEIN N, NEILSON DR (1978). Impact of unfavorable ice conditions on bird productivity at Palmer Station during the 1977-78 field season. *Antarctic J. U.S.* 13(4): 146-147.
- PETER H- U, KAISER M, GEBAUER A (1990). Ecological and morphological investigations on South Polar Skuas (*Catharacta maccormicki*) and Brown Skuas (*Catharacta skua lonnbergi*) on Fildes Peninsula, King George Island, South Shetland Islands. *Zool. Jahrb. Abt. Anat. Ontog. Tiere* 117:201-218.
- PEZZO F, OLMASTRONI S, CORSOLINI S, FOCARDI S (2001). Factors affecting the breeding success of the south polar skua *Catharacta maccormicki* at Edmonson Point, Victoria Land, Antarctica. *Polar Biol* 24: 389-393.
- PHILLIPS RA, CALDOW RWG, FURNESS RW (1996). The influence of food availability on the breeding effort and reproductive success of Arctic Skuas *Stercorarius parasiticus*. *Ibis* 138: 410-419.
- PHILLIPS RA, CATRY P, THOMPSON DR, HAMER KC, FURNESS RW (1997). Inter-colony variation in diet and reproductive performance of great skuas. *Mar Ecol Prog Ser* 152: 285-293.
- PHILLIPS RA, PHALAN B, FORSTER IP (2004). Diet and long-term changes in population size and productivity of brown skuas *Catharacta antarctica lonnbergi* at Bird Island, South Georgia. *Polar Biol* 27:555-561.
- PIERSMA T y VAN EERDEN M (1989). Feather eating in Great Crested Grebes *Podiceps cristatus*: a unique solution to the problems of debris and gastric parasites in fish-eating birds. *Ibis* 131 (4): 477-486.
- PIETZ PJ (1984). Aspects of the behavioral ecology of sympatric South Polar and Brown skuas near Palmer Station Antarctica. Tesis doctoral.
- PIETZ PJ (1986). Daily activity patterns of South Polar and Brown skuas near Palmer Station Antarctica. *Auk* 103: 726-736.
- PIETZ PJ (1987). Feeding and nesting ecology of sympatric south polar and brown skuas. *The Auk* 104(4): 617-627.
- PUSCH C, HULLEY PA, KOCK KH (2004). Community structure and feed ing ecology of mesopelagic fishes in the slope waters of King George Island (South Shetland Islands, Antarctica). *Deep-Sea Res PT I* 51: 1685-1708.

- QUILLFELDT P (2001). Variation in breeding success in Wilson's storm petrels: influence of environmental factors. *Antarct Sci* 13: 400-409.
- QUILLFELDT P (2002). Seasonal and annual variation in the diet of breeding and non-breeding Wilson's storm-petrels on King George Island, South Shetland Islands. *Polar Biol* 25: 216-221.
- QUILLFELDT P y PETER HU (2000). Provisioning and growth in chicks of Wilson's storm-petrels *Oceanites oceanicus* on King George Island, South Shetland Islands. *Polar Biol* 23: 817-824.
- QUINTANA RD, CIRELLI V, ORGEIRA JL (2000). Abundance and spatial distribution of bird populations at Cierva Point, Antarctic Peninsula. *Mar Ornithol* 28: 21-27.
- REID BE (1966). The growth and development of the south polar skua (*Catharacta maccormicki*). *Notornis* 13:71-89.
- REID K (1996). A guide to the use of otoliths in the study of predators at South Georgia. British Antarctic Survey. Cambridge
- REINHARDT K (1997). Nahrung und Fütterung antarktischer Raubmöwen *Catharacta antarctica lonnbergi* und *C. maccormicki*. *J Ornithol* 138:199-213.
- REINHARDT K (1998). Ligature use in food studies of precocial birds: methodological results from Antarctic skua chicks. *Ornis Fennica* 75 (2):69-75.
- REINHARDT K, HAHN S, PETERH-U, WEMHOFF H (2000). A review of the diets of Southern Hemisphere skuas. *Mar Ornithol* 28: 7-19.
- REISS CS, COSSIO AM, LOEB V, DEMER DA (2008). Variations in the biomass of antarctic krill (*Euphausia superba*) around the South Shetland Islands, 1996-2006. *ICES J Mar Sci* 65 (4): 497-508.
- RICKLEFS RE (1983). Avian postnatal development. pp 1-83. En: Avian Biology, Vol.VII. Academic Press, Inc.
- RITZ MS, HAHN S, JANICKE T, PETER H-U (2006). Hybridisation between South polar skua (*Catharacta maccormicki*) and Brown skua (*C. antarctica lonnbergi*) in the Antarctic Peninsula region. *Polar Biol* 29: 153-159.
- RITZ MS, HAHN S, PETER H-U (2005). Factors affecting chick growth in the South Polar Skua (*Catharacta maccormicki*): food supply, weather and hatching date. *Polar Biol* 29: 53-60.
- RITZ MS, MILLAR C, MILLER GD, PHILLIPS RA, RYAN P, STERNKOPF V, LIEBERS-HELBIG D, PETER H-U (2008). Phylogeography of the southern skua complex-rapid colonization of the southern hemisphere during a glacial period and reticulate evolution. *Mol Phylogenet Evol* 49 (1): 292-303.
- RODARY D, WIENECKE BC, BOST CA (2000). Diving behaviour of Adelie penguins (*Pygoscelis adeliae*) at Dumont D'Urville, Antarctica: nocturnal patterns of diving and rapid adaptations to changes in sea-ice conditions. *Polar Biol* 23: 113-120.
- SÁNCHEZ RA (2007). Antártida -Introducción a un continente remoto. Editorial Albatros, Buenos Aires.
- SANTOS MM, JUÁRES MA, GOULD IT, NEGRETE J, MONTALTI D, CORIA NR (2007). Predación del Skua Pardo (*Catharacta antarctica lonnbergi*) sobre un grupo reproductivo de pingüinos Adelia (*Pygoscelis adeliae*). VI Simposio Argentino y III Latinoamericano sobre Investigaciones Antárticas. Comunicación N° CVCO 314.

- SC-CCRVMA XXXI (2012). Scientific Committee for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources. Reporte de la reunión XXXI del Comité Científico, Hobart, Australia.
- SILVA MP, FAVERO M, MARTÍNEZ MM (1999). Prey size selectivity by kelp gulls on Antarctic limpets at King George Island, Antarctica. *Polar Biol* 21 (6): 397-400.
- SKVARCA P, RACK W, ROTT H, IBARZABAL DONANGELO T (1999). Climatic trend and the retreat and disintegration of ice shelves on the Antarctic Peninsula: an overview. *Polar Res* 18 (2): 151-157.
- SMETACEK V y NICOL S (2005). Polar ocean ecosystems in a changing world. *Nature* 437: 362-368.
- SMITH RC, DOMACK E, EMSLIE S, FRASER WR, AINLEY DG, BAKER K, KENNETT J, LEVENTER A, *et al.* (1999). Marine ecosystem sensitivity to historical climate change: Antarctic Peninsula. *BioScience* 49:393-404.
- SPELLERBERG IF (1969). Incubation temperatures and thermoregulation in the McCormick Skua. *Condor* 71:59-67.
- STAMMERJOHN SE, DRINKWATER MR, SMITH RC, LIU X (2003). Ice-atmosphere interactions during sea-ice advance and retreat in the western Antarctic Peninsula region. *J Geophys Res: Oceans* 108 (C10).
- STAMMERJOHN SE, MARTINSON DG, SMITH RC, IANNUZZI RA (2008a). Sea ice in the western Antarctic Peninsula region: Spatio-temporal variability from ecological and climate change perspectives. *Deep-Sea Res PT II* 55(18-19): 2041-2058.
- STAMMERJOHN SE, MARTINSON DG, SMITH RC, YUAN X, RIND D (2008b). Trends in antarctic annual sea ice retreat and advance and their relation to El Niño-southern oscillation and southern annular mode variability. *J Geophys Res: Oceans* 113(C3).
- STEARNS S (2000). Life history evolution: successes, limitations, and prospects. *Naturwissenschaften* 87:476-486.
- TRATHAN PN, MURPHY EJ, FORCADA J, CROXALL JP, REID K, THORPE SE (2006). Physical forcing in the southwest Atlantic: ecosystem control. In: Boyd, I.L., Wanless, S., Camphuysen, C.J. (Eds.), *Top Predators in Marine Ecosystems*, Cambridge University Press.
- TRIVELPIECE WZ, AINLEY DG, FRASER WR, TRIVELPIECE SG (1990). Skua survival. *Nature* 345:211-212.
- TRIVELPIECE W, BUTLER RG, VOLKMAN NJ (1980). Feeding territories of Brown Skuas (*Catharacta lonnbergi*). *The Auk* 97:669-676.
- TRIVELPIECE WZ, HINKE JT, MILLER AK, REISS CS, TRIVELPIECE SG, WATTERS GM (2011). Variability in krill biomass links harvesting and climate warming to penguin population changes in Antarctica. *PNAS* 108 (18): 7625–7628.
- TRIVELPIECE W y VOLKMAN NJ (1982). Feeding strategies of sympatric south polar *Catharacta maccormicki* and brown skuas *C. lonnbergi*. *Ibis* 124:50-54.
- VACCHI M, DEVRIES AL, EVANS CW, BOTTARO M, GHIGLIOTTI L, CUTRONEO L, PISANO E (2012). A nursery area for the Antarctic silverfish *Pleuragramma antarcticum* at Terra Nova Bay (Ross Sea): first estimate of distribution and abundance of eggs and larvae under the seasonal sea-ice. *Polar Biol* 35(10):1573-1585.

- VAUGHAN DG, MARSHALL GJ, CONNOLLEY WM, PARKINSON C, MULVANEY R, HODGSON DA, KING JC, PUDSEY CJ, TURNER J (2003). Recent rapid regional climate warming on the Antarctic Peninsula. *Climatic Change* 60 (3): 243-274.
- WILLIAMS R y MC ELDOWNEY A (1990). A guide to the fish otoliths from waters off the Australian Antarctic Territory, Heard and Macquarie Island. *ANARE Res Notes* 75,173.
- WILSON RP (1984). An improved stomach pump for penguins and other seabirds. *J Field Ornithol* 55: 109-112.
- WOEHLER EJ (1995). Consumption of Southern Ocean marine resources by penguins. En: *The penguins: ecology and management*. Dann, P, Norman I y Reilly P. (eds). Surrey Beatty and Sons, Chipping Norton. pp 266-295.
- WÖHRMANN APA, HAGEN W, KUNZMANN A (1997). Adaptations of the Antarctic silverfish *Pleuragramma antarcticum* (Pisces: Nototheniidae) to pelagic life in High-Antarctic waters. *Mar Ecol Prog Ser* 151: 205-218.
- WG-EMM (2012). Informe del grupo de trabajo de seguimiento y ordenación del ecosistema. Santa Cruz de Tenerife, España. Del 2 al 13 de julio de 2012.
- WOOD RC (1971). Population dynamics of breeding south polar skuas of unknown age. *The Auk* 88: 805-814.
- YOCCOZ NG, NICHOLS JD, BOULINIER T (2001). Monitoring biological diversity in space and time. *Trends Ecol Evol* 16: 446-453.
- YOUNG EC (1963A). The breeding behavior of the South Polar Skua *Catharacta maccormicki*. *Ibis* 105: 203-233.
- YOUNG EC (1963B). Feeding habits of the South Polar Skua *Catharacta maccormicki*. *Ibis* 105: 301-318.
- YOUNG EC(1970). The techniques of a skua-penguin study. En *Antarctic Ecology I*, ed. Holdgate MW, pp. 568-584. London: Academic Press.
- YOUNG EC (1990). Diet of the south polar skua *Catharacta maccormicki* determined from regurgitated pellets: limitations of a technique. *Polar Rec* 26: 124-125.
- YOUNG EC (1994). Skua and penguin: predator and prey. Cambridge University Press, Cambridge.
- ZHOU M, NIILER PP, ZHU Y, DORLAND RD (2006). The western boundary current in the Bransfield Strait. *Antarctica Deep-Sea Res I* 53: 1244-1252.
- ZHOU M, NORDHAUSEN W, HUNTLEY ME (1994). ADCP measurements of the distribution and abundance of euphausiids near the Antarctic Peninsula in Winter. *Deep-Sea Res I* 41: 1425-1445.
- ZIPAN W y NORMAN FI (1993). Foods of the south polar skua *Catharacta maccormicki* in the eastern Larsemann Hills, Princess-Elizabeth-Land, East-Antarctica. *Polar Biol* 13:255-262.

APÉNDICE 1

Cálculo de la Longitud estándar de las principales especies de peces halladas en la dieta del escúa polar del sur. LO= longitud del otolito

Especie	Longitud estándar	Referencia
<i>P. antarcticum</i>	$LS = 78,38 \times LO^{0,976711}$	Hubold y Tomo (1989)
<i>E. antarctica</i>	$LS = 31,42 \times LO^{1,109}$	Hecht (1987)

APÉNDICE 2

Tabla de resultados utilizados para construir las respuestas de la regresión binaria (Cap. IV), durante dos temporadas (2005-06 y 2007-08); en dos poblaciones 1) Pta. Cierva y 2) Pla. Potter. EP= egagrópilas pingüino, EF= egagrópilas peces, RP= regurgitado pingüino, RF= regurgitado peces.

Nido	Años (2)	Población	EP	EF	RP	RF
1	2005-06	2	P	A	A	P
2	2007-08	2	P	A	A	P
3	2005-06	2	P	P	A	P
4	2005-06	2	P	A	A	P
5	2005-06	2	P	P	A	P
6	2005-06	2	P	A	A	P
7	2005-06	2	P	P	A	P
8	2005-06	2	P	A	A	P
9	2005-06	2	A	P	A	P
10	2005-06	2	P	P	A	P
11	2005-06	1	A	P	A	P
12	2007-08	1	P	A	A	P
13	2005-06	1	A	P	A	P
14	2005-06	1	A	P	A	P
15	2005-06	1	A	A	A	P
16	2005-06	1	A	P	A	P
17	2005-06	1	A	P	A	A
18	2007-08	1	A	P	A	P
19	2005-06	1	A	P	A	P
20	2007-08	1	P	A	A	P
21	2005-06	1	A	P	A	P
22	2007-08	1	A	A	A	P
23	2007-08	1	P	A	A	P